

# PROGRAMA PRESUPUESTAL 0089

## “Reducción de la Degradación de los Suelos Agrarios”



## CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA DEL DISTRITO DE CUTERVO, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA



Diciembre 2015

Lima-Perú

## **PROGRAMA PRESUPUESTAL 0089**

### **“Reducción de la Degradación de los Suelos Agrarios”**

# **CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA DEL DISTRITO DE CUTERVO, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA**

---

**AMELIA DÍAZ PABLÓ**

Presidenta Ejecutiva del SENAMHI

**EZEQUIEL VILLEGAS PAREDES**

Director Científico

**IRENE TREBEJO VARILLAS**

Directora General de Agrometeorología

**KARIM QUEVEDO CAIÑA**

Directora de Agrometeorología Aplicada

Equipo técnico

**LUIS ANGEL CRUZADO CUZQUEN**

**CARMEN CISNEROS ANTÚNEZ**

**KARIM QUEVEDO CAIÑA**

**IRENE TREBEJO VARILLAS**

**MANUEL ORTEGA MAMANI**

Esta publicación ha sido elaborada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) en el marco del Programa Presupuestal 0089 “ Reducción de la Degradación de los Suelos Agrarios”.

---

Derechos Reservados

© Diciembre 2015

Impreso por: Digital Print Service EIRL

Dirección: Av. Salaverry 1298 - Jesús María, Lima

Primera edición

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2016-01118

IMPRESO EN EL PERÚ

## INDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	6
II.	GENERALIDADES.....	6
2.1	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TERRITORIO.....	6
2.1.1	Ubicación y división política.....	6
2.1.2	Hidrografía .....	8
2.1.3	Unidades geomorfológicas .....	8
2.1.4	Fisiografía.....	11
2.1.5	Suelos .....	12
2.1.6	Uso actual de las tierras.....	15
2.1.7	Capacidad de uso mayor de las tierras.....	17
2.1.8	Zonas de vida.....	20
2.2	ESTRUCTURA AGRARIA.....	20
2.3	PRODUCCIÓN AGROPECUARIA.....	28
2.3.1	Sector agrícola.....	28
2.3.2	Sector pecuario .....	29
2.4	CULTIVOS PRIORIZADOS.....	31
III.	OBJETIVOS.....	31
IV.	METODOLOGÍA .....	32
4.1	BASE DE DATOS .....	32
4.1.1	Climática .....	32
4.1.2	Agrícola.....	35
4.2	EVALUACIÓN DE CULTIVOS.....	35
4.3	EVALUACIÓN AGROCLIMÁTICA .....	36
4.4	PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA E IMPACTO EN LOS CULTIVOS.....	39
V.	CARACTERIZACIÓN AGRÍCOLA DE LOS CULTIVOS PRIORIZADOS.....	41
5.1	REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS, EDÁFICOS Y DE PAISAJE .....	41
5.1.1	Arveja.....	41
5.1.2	Fríjol.....	42
5.1.3	Maíz amiláceo y maíz amarillo duro .....	44
5.1.4	Papa mejorada .....	48
5.1.5	Papa nativa dulce.....	50
5.2	FENOLOGÍA .....	52
5.2.1	Arveja.....	52
5.2.2	Fríjol.....	53

5.2.3	Maíz.....	55
5.2.4	Papa.....	55
5.3	CALENDARIO HISTÓRICO DE LAS SIEMBRAS Y COSECHAS .....	57
5.3.1	Arveja.....	57
5.3.2	Fríjol.....	58
5.3.3	Maíz amiláceo .....	59
5.3.4	Maíz amarillo duro .....	61
5.3.5	Papa.....	62
VI.	COMPORTAMIENTO Y EVALUACIÓN DEL CLIMA DURANTE LA CAMPAÑA AGRÍCOLA .....	63
6.1	TEMPERATURA DEL AIRE .....	63
6.1.1	Distribución temporal.....	63
6.1.2	Distribución espacial .....	66
6.1.2.1	Temperatura media.....	66
6.1.2.1.1	A nivel estacional .....	66
6.1.2.1.2	A nivel del periodo agrícola .....	66
6.1.2.2	Temperatura máxima.....	70
6.1.2.2.1	A nivel estacional .....	70
6.1.2.2.2	A nivel del periodo agrícola .....	70
6.1.2.3	Temperatura mínima .....	74
6.1.2.3.1	A nivel estacional .....	74
6.1.2.3.2	A nivel del periodo agrícola .....	74
6.2	HELADAS AGRONÓMICAS.....	78
6.3	PRECIPITACIÓN .....	81
6.3.1	Inicio del período lluvioso.....	81
6.3.2	Distribución temporal.....	82
6.3.3	Distribución espacial .....	87
6.3.3.1	A nivel estacional .....	87
6.3.3.2	A nivel del periodo agrícola .....	87
6.4	SEQUIAS AGRÍCOLAS .....	91
6.5	EVAPOTRANSPIRACIÓN REFERENCIAL.....	94
6.5.1	Distribución temporal.....	94
6.5.2	Distribución espacial .....	95
6.5.2.1	A nivel estacional .....	95
6.5.2.2	A nivel del periodo agrícola .....	97



6.6	HUMEDAD RELATIVA .....	97
6.6.1	Distribución temporal .....	97
6.6.2	Distribución espacial.....	100
6.6.2.1	A nivel estacional.....	100
6.6.2.2	A nivel del periodo agrícola.....	101
6.7	HORAS DE SOL .....	101
6.7.1	Distribución temporal .....	101
6.8	VIENTO.....	105
6.8.1	Distribución temporal .....	106
6.8.2	Distribución estacional.....	107
6.9	BALANCE HÍDRICO AGRÍCOLA .....	108
6.9.1	Arveja.....	109
6.9.2	Fríjol.....	111
6.9.3	Maíz amarillo duro.....	113
6.9.4	Maíz amiláceo.....	116
6.9.5	Papa.....	118
VII.	PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA E IMPACTO EN LOS CULTIVOS .....	120
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	129

## **CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA DEL DISTRITO DE CUTERVO, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA**

### **I. INTRODUCCIÓN**

La productividad de los cultivos depende de muchos factores y de sus interacciones tanto del ambiente físico y biológico, así como del manejo por el hombre. Estos factores regulan la producción de biomasa en las plantas y se clasifican en: factores genéticos, factores fisiológicos y factores ecológicos (clima).

El clima es uno de los factores que más influye en la adaptación, distribución y productividad de muchos cultivos. Los diferentes procesos fisiológicos que presentan las plantas tienen estrecha relación con el comportamiento de los diferentes parámetros climáticos, cuyos valores óptimos garantizan la mayor expresión genética de las plantas.

Entender la importancia de las condiciones climáticas que inciden en el crecimiento y producción de los cultivos, mediante la caracterización espacial y a través del tiempo, permite valorar el potencial de los elementos del clima disponible, sus restricciones y posibles efectos en los sistemas de producción del área de interés.

En este contexto y en el marco del Programa Presupuestal 0089: Reducción de la Degradación de los Suelos Agrarios se realiza la caracterización agroclimática del distrito de Cutervo, con la finalidad de conocer las condiciones climáticas, la disponibilidad de agua y el suelo y su interrelación con el crecimiento de los cultivos priorizados. Para tal fin se utilizó información histórica del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y la información generada en la actividad 1.3 del PP 0089: Generación de información de levantamiento de suelos, de zonificación agroecológica, medición del deterioro del suelo e investigación en cultivos de acuerdo a la aptitud de suelos; así como de estadísticas agrícolas del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). Se emplearon índices agroclimáticos, softwares y aplicativos para tal fin.

Los resultados del presente estudio proporcionan herramientas técnicas de información para la toma de decisiones por parte de actores y usuarios como autoridades, planificadores, comunidades y sectores económicos y sociales.

### **II. GENERALIDADES**

#### **2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TERRITORIO**

##### **2.1.1 Ubicación y división política**

El distrito de Cutervo se localiza en la provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca. Geográficamente se ubica entre los 06°22'30" de latitud sur y los 78°48'56" de longitud oeste, y a una altitud de 2649 msnm. Presenta una extensión de 422,27 km<sup>2</sup>, el cual representa el 13,94% del territorio provincial (INEI, 2010).

El área de estudio limita por el norte con los distritos de Callayuc, Santo Domingo de la Capilla y San Andrés; por el sur con los distritos de Lajas y Cochabamba (provincia de Chota); por el este con el distrito de Súcota y por el oeste con los distritos de Huambos (provincia de Chota) y Querocotillo (Mapa 1).

Mapa 1. Ubicación y división política del distrito de Cutervo



Fuente: Elaboración propia

El distrito de Cutervo fue creado por decreto supremo el 28 de enero de 1871 y está conformado por 127 centros poblados divididos en 117 caseríos, 3 comunidades campesinas, 4 unidades agropecuarias, 1 pueblo y 2 categorizados como otros (INEI, 2014).

### **2.1.2 Hidrografía**

El distrito de Cutervo presenta dos unidades hidrográficas pertenecientes a la vertiente del Atlántico, caracterizadas por presentar ríos y quebradas que descargan sus aguas en el río Marañón y llegan al océano Atlántico a través del río Amazonas (Vásquez, 2011).

La cuenca de Chamaya ocupa la mayor extensión distrital y está conformada principalmente por las microcuencas de Santo Domingo, Lluspiyacu y Tondorán. En estos lugares se ubican las quebradas de Santo Domingo, Sanicullo, Shahuacate, Chorrera Blanca, Lalin, Lanche, Iscag Mayo, Luscate y Tondorán.

La intercuenca del Alto Marañón IV está constituida principalmente por las microcuencas de Cullanmayo, Caramarca, Tres Cruces y Llangachis. En estas áreas se localizan los ríos de Cullanmayo y Yatún, así como las quebradas de Tres Cruces, Caramarca, El Verde y Pagcha (Mapa 2).

### **2.1.3 Unidades geomorfológicas**

El distrito de Cutervo presenta una amplia variedad de caracteres geomorfológicos, que resultan de su compleja topografía y de la existencia de varios pisos altitudinales que condicionan ambientes morfoclimáticos característicos. La constitución geológica heterogénea, contribuye al desarrollo de algunas acciones erosivas de especial importancia.

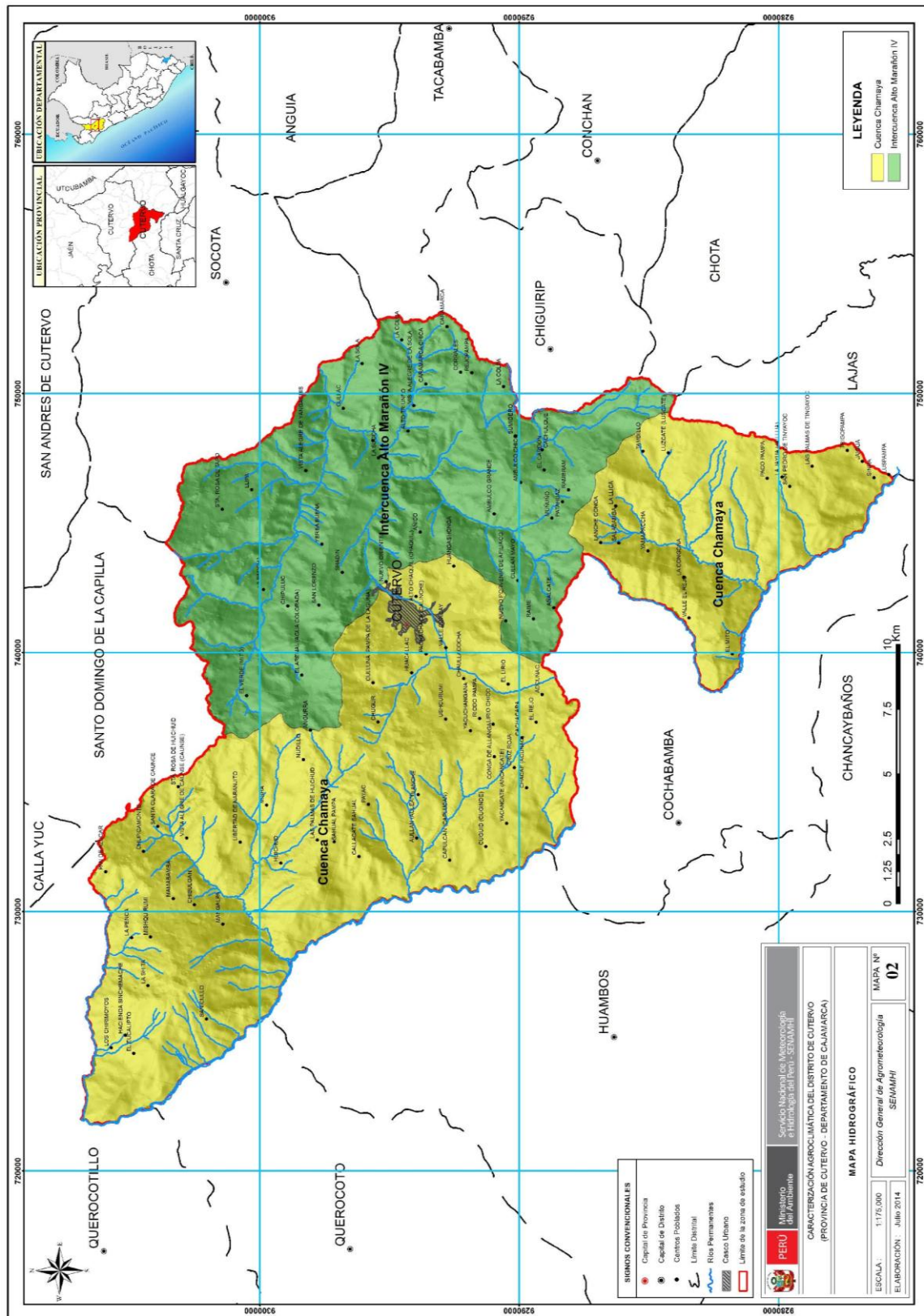
De acuerdo a la clasificación geomorfológica realizada por la Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios (DGAAA) del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), durante la Zonificación Agroecológica del distrito de Cutervo, el área de estudio presenta geoformas de planicies y montañas.

Las planicies son de naturaleza aluvial y coluvio aluvial, que abarcan la comprensión de las localidades de Chaullacocha, Yatún, partes bajas de Santo Domingo, Tanya y otras zonas aledañas; mientras que las montañas son vertientes denudacionales y estructurales de naturaleza sedimentaria y volcánica, con pendientes ligeramente empinadas a extremadamente empinadas.

Las montañas con vertientes denudacionales abarcan las áreas contiguas a las localidades de Tapo, Santa Rosa de Tapo, El Arena, El Verde, Vista Alegre, Magalpa, El Rojo, La Lica, entre otros aledaños, que en suma que abarcan la mayor extensión del distrito. Mientras que las montañas con vertientes estructurales, abarcan las localidades de Cutervo, Yacancate, Yatún, Carmen Pampa, La Conga, entre otras localidades.

La Figura 1 muestra la distribución espacial de las unidades geomorfológicas identificadas en el área de estudio.

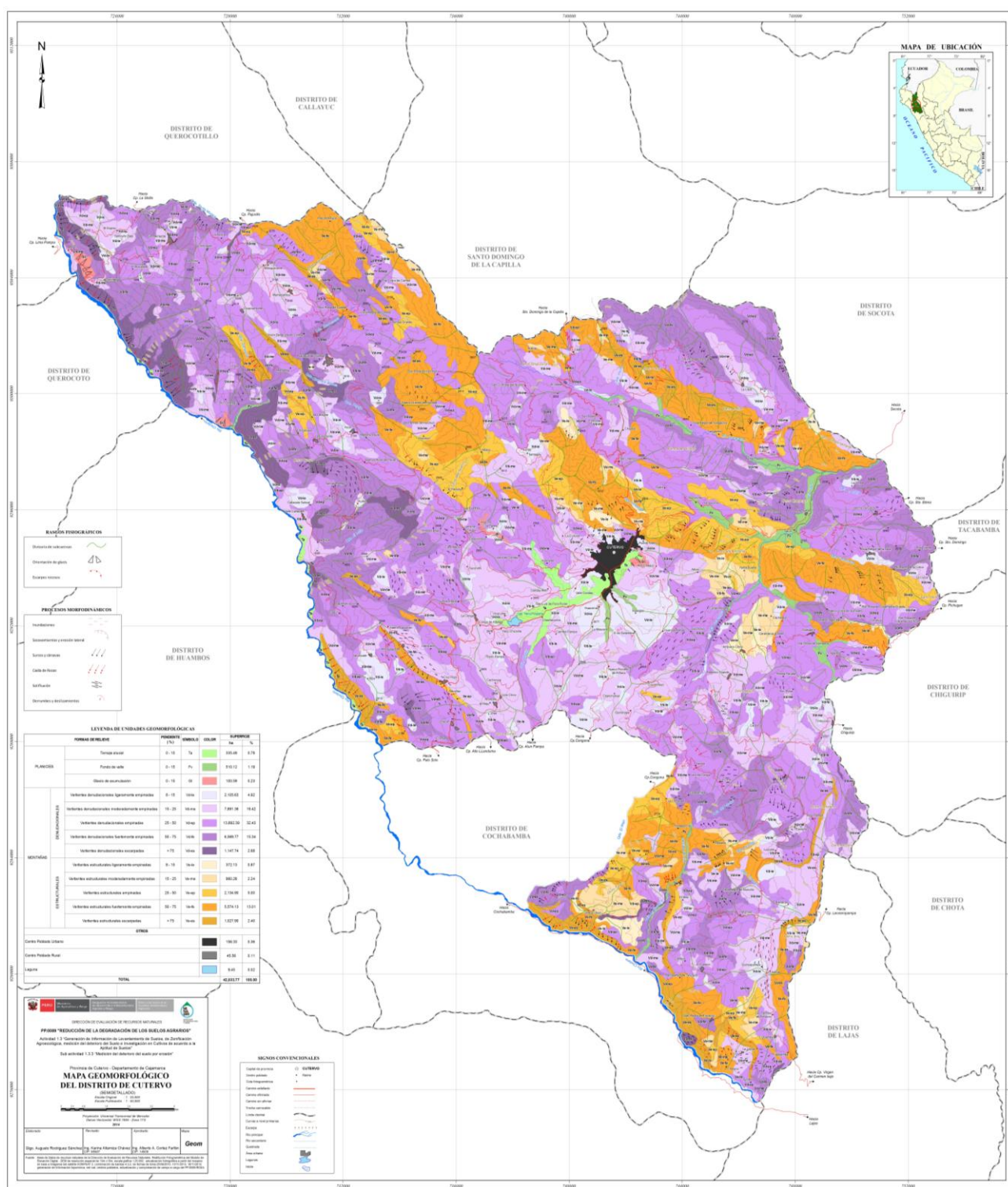
Mapa 2. Hidrografía del distrito de Cutervo



Fuente: Elaboración propia



Figura 1. Unidades geomorfológicas identificadas en el distrito de Cutervo



Fuente: MINAGRI (2015)

### 2.1.4 Fisiografía

De acuerdo a la clasificación fisiográfica realizada por la Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios (DGAAA) del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), durante la Zonificación Agroecológica del distrito de Cutervo, el ámbito de estudio presenta dos grandes paisajes: Planicie y Montañoso.

#### Planicies

Dentro del gran paisaje de Planicie se han identificado dos paisajes: Planicie aluvial del cuaternario reciente y Planicie coluvio-aluvial. La Planicie aluvial, incluye al subpaisaje de fondo de valle y se halla localizado formando áreas muy pequeñas, en la zona de La Succha, Yatún, partes bajas de Santo Domingo y saliendo de Cutervo hacia Ramie. La Planicie coluvio-aluvial incluye al subpaisaje de piedemonte y se halla localizado por la zona de Chugur y otras zonas aledañas.

Las unidades fisiográficas en el caso de las planicies, están conformadas por elementos de paisaje: el fondo de valle con pendiente de 4% a 8% y el piedemonte con pendiente de 8% a 15%. Ambos, sumados, presentan la misma superficie que el subpaisaje que las engloba.

#### Montañoso

En el gran paisaje montañoso, de acuerdo con su litología se han identificado: Paisajes montañoso de Areniscas del cretáceo que abraza las áreas próximas a Yatún, Cullan Moran, Quinshapa y otras zonas aledañas; el paisaje montañoso de Calizas del cretáceo cubre las zonas próximas a Naranjito de Camse, Santa Rosa de Camse, Vista Alegre, Tanya, Tañayoc, San Pedro, San Lorenzo, entre otras zonas aledañas; paisaje montañoso de Limolitas del cretáceo comprende las áreas próximas a La Fila alta, Paraíso, La Conga, Buenos Aires, Ramie, Payac, Yacancate, entre otras zonas aledañas; el paisaje montañoso de Arcillas, del cretáceo abarcan zonas proximales a Lalush, Luscate, entre otros; y el paisaje montañoso Volcánico abarca las cercanías de Santa Rosa de Tapo, La Llipa entre otras zonas aledañas.

El paisaje montañoso presenta como subpaisaje laderas de montaña y estas a su vez identifican elementos del paisaje, en base al rango de pendiente y el relieve.

Se tiene cuatro elementos del paisaje para las montañas de areniscas: con pendiente de 8% a 15% (LMSA4), pendiente de 15% a 25% (LMSA5), pendiente de 25% a 50% (LMSA6), pendiente de 50% a 75% (LMSA7). Todos estos elementos del paisaje constituyen unidades fisiográficas. La unidad fisiográfica con mayor extensión dentro de este tipo de montaña es la ladera de montaña de areniscas con pendiente de 50% a 75%.

Dentro de las montañas de calizas, se tiene cinco elementos del paisaje: pendiente de 8% a 15% (LMSK4), pendiente de 15% a 25% (LMSK5), pendiente de 25% a 50% (LMSK6), pendiente de 50% a 75% (LMSK7), pendiente mayor a 75% (LMSK8). Todos estos elementos del paisaje constituye la unidad fisiográfica. La unidad fisiográfica con mayor extensión dentro de este tipo de montaña es la ladera de montaña de calizas con pendiente de 50% a 75%.

Dentro de la montaña de limolitas se tiene 4 elementos del paisaje: con pendiente de 8% a 15% (LMSL4), pendiente de 15% a 25% (LMSL5), pendiente de 25% a 50% (LMSL6), pendiente de 50% a 75% (LMSL7). Todos estos elementos del paisaje constituyen la unidad fisiográfica. La unidad fisiográfica con mayor extensión dentro de este tipo de montaña es la ladera de montaña de limolitas con pendiente de 25% a 50%.

Dentro de las montañas de Arcillas se tiene cuatro elementos del paisaje: pendiente de 8% a 15% (LMSC4), pendiente de 15% a 25% (LMSC5), pendiente de 25% a 50% (LMSC6), pendiente de 50% a 75% (LMSC7). Todos estos elementos del paisaje constituyen la unidad fisiográfica. La unidad fisiográfica con mayor extensión dentro de este tipo de montaña es la ladera de montaña de arcilla con pendiente de 50% a 75%.

Dentro de la montaña volcánica se tiene cuatro elementos del paisaje: pendiente de 8% a 15% (LMV4), pendiente de 15% a 25% (LMV5), pendiente de 25% a 50% (LMV6), pendiente de 50% a 75% (LMV7). Todos estos elementos del paisaje constituyen la unidad fisiográfica. La unidad fisiográfica con mayor extensión dentro de este tipo de montaña es la ladera de montaña volcánica con pendiente de 25% a 50%.

La Figura 2 muestra la distribución espacial de las unidades fisiográficas identificadas en el área de estudio.

### 2.1.5 Suelos

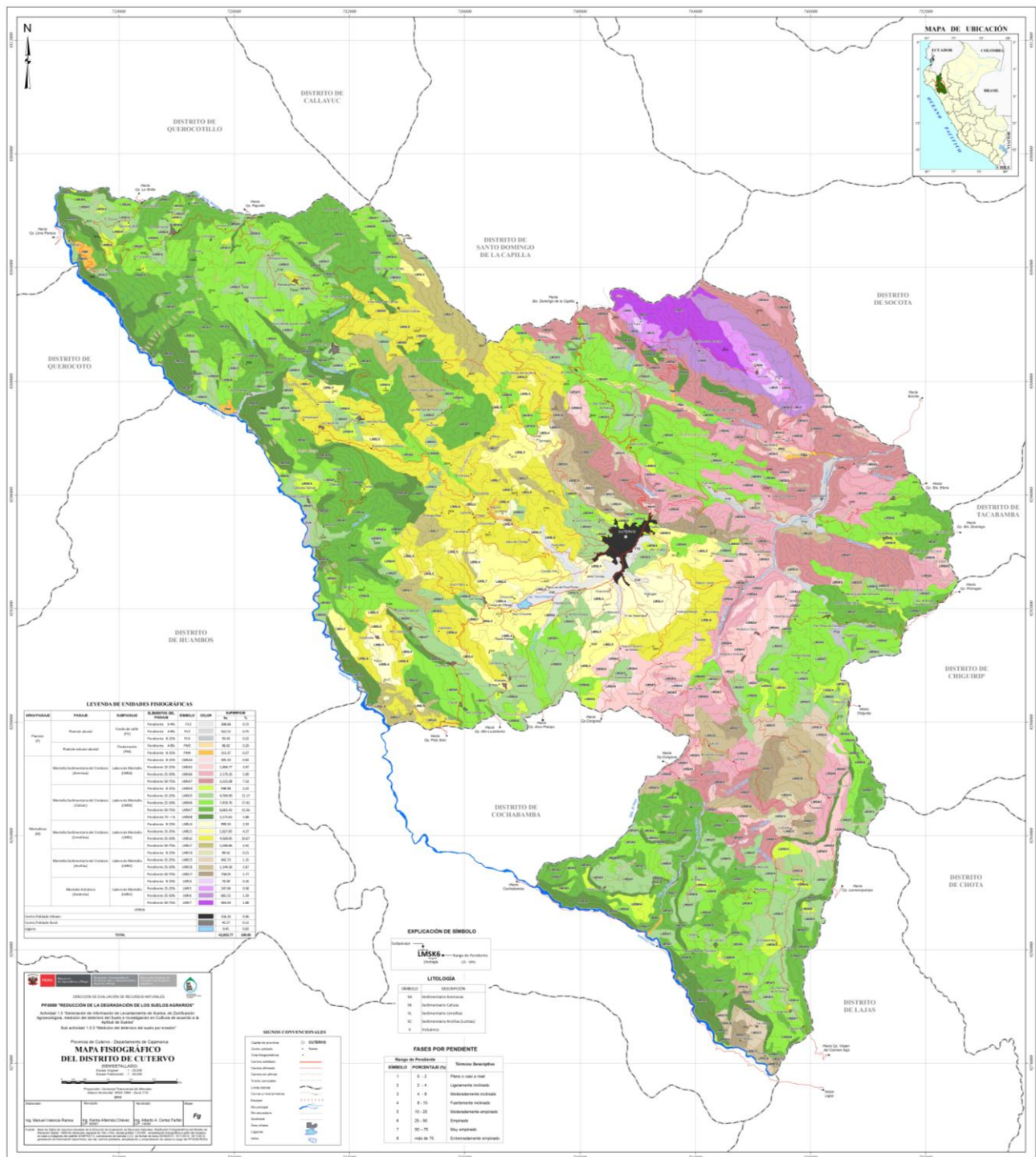
De acuerdo a la clasificación de suelos realizada por la Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios (DGAAA) del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), durante la Zonificación Agroecológica del distrito de Cutervo, el área de estudio presenta 22 unidades de suelos representados por 22 Consociaciones y 5 Asociaciones de suelos, algunos de ellos en diferentes fases por su pendiente.

Las principales características de las unidades de suelos identificadas, en el ámbito de estudio, se describen a continuación:

- Suelo Succha (Mollic Ustifluvents), de posiciones fisiográficas de Fondo de Valle, de material aluvial, profundo, textura moderadamente fina sobre media, drenaje moderado, reacción neutra, fertilidad baja.
- Suelo Ramie (Typic Ustifluvents), de posiciones fisiográficas de Fondo de Valle, material aluvial, moderadamente profundo, moderadamente fina sobre fina, drenaje moderado, reacción muy fuertemente ácida, fertilidad media.
- Suelo La Sola (Lithic Ustorthent), de posiciones fisiográficas de laderas de montaña residual de naturaleza sedimentaria caliza, muy superficial, limitada por roca compacta a menos de 25 cm, textura fina, drenaje moderado, reacción ligeramente alcalina, fertilidad media.
- Suelo Tapo (Lithic Ustorthents), de posiciones fisiográficas de laderas de montaña residual de naturaleza volcánico, superficial, limitado por fragmentos rocosos de arenisca (70-80%), textura media, drenaje bueno, reacción fuertemente ácida, fertilidad media.
- Suelo Cutervo (Typic Ustorthents), de posiciones fisiográficas de laderas de montaña estructural de sedimentaria, moderadamente profundo, textura moderadamente fina sobre moderadamente gruesa, drenaje bueno, reacción muy fuertemente ácida a extremadamente ácida, fertilidad baja.
- Suelo Congona (Typic Ustorthents), de posiciones fisiográficas de laderas de montaña sedimentaria, moderadamente profundo, textura moderadamente gruesa, drenaje bueno, reacción ligeramente alcalina, fertilidad baja.



Figura 2. Unidades fisiográficas identificadas en el distrito de Cutervo



Fuente: MINAGRI (2015)

- Suelo Chugur (Fluventic Dystrustepts), de posiciones fisiográficas de laderas de montaña de naturaleza sedimentaria, profundo, textura media, sobre moderadamente fina, drenaje bueno, reacción extremadamente ácida, fertilidad media.
- Suelo La Fila (Fluventic Dystrustepts), de posiciones fisiográficas de laderas de montaña de naturaleza sedimentaria, Profundo, textura media, drenaje bueno, fertilidad media, reacción extremadamente ácida.
- Suelo El Muñño (Humic Dystrustepts), de posiciones fisiográficas de laderas de montaña de naturaleza sedimentaria, profundo, textura moderadamente gruesa, drenaje bueno, reacción extremadamente ácida, fertilidad baja.
- Suelo Urcurume (Typic Dystrustepts), de posiciones fisiográficas de laderas de montaña de naturaleza sedimentaria, Profundo, textura moderadamente fina, drenaje bueno, reacción muy fuertemente ácida sobre extremadamente ácida, fertilidad media.
- Suelo Sumidero (Typic Dystrustepts), de posiciones fisiográficas de laderas de montaña de naturaleza sedimentaria, moderadamente profundo, drenaje moderado, textura moderadamente fina, reacción muy fuertemente ácida sobre extremadamente ácida, fertilidad media.
- Yacuchingana (Typic Dystrustepts), de posiciones fisiográficas de laderas de montaña de naturaleza sedimentaria, Profundo, drenaje bueno, textura moderadamente fina sobre media, reacción extremadamente ácida, fertilidad media.
- Suelo La Colca (Typic Dystrustepts), de posiciones fisiográficas de laderas de montaña de naturaleza sedimentaria, moderadamente profundo, textura moderadamente gruesa sobre moderadamente fina, reacción moderadamente ácida sobre muy fuertemente ácida, fertilidad media, drenaje bueno.
- Suelo Chirimoyo (Aridic Haplustepts), de posiciones fisiográficas de laderas de montaña de naturaleza sedimentaria, moderadamente profundo, textura moderadamente fina sobre fina, reacción moderadamente alcalina, drenaje bueno.
- Suelo Habemus (Typic Haplustepts), de posiciones fisiográficas de laderas de montaña de naturaleza sedimentaria, moderadamente profundo, textura media, drenaje bueno, reacción fuertemente ácida a moderadamente ácida, fertilidad media.
- Suelo Allanga (Typic Haplustepts), de posiciones fisiográficas de laderas de montaña de naturaleza sedimentaria, Profundo, textura moderadamente fina, drenaje bueno, reacción neutra, fertilidad media.
- Suelo Sauce (Typic Haplustepts), de posiciones fisiográficas de laderas de montaña de naturaleza sedimentaria, profundo, textura media, drenaje bueno, fertilidad baja, reacción fuertemente ácida.
- Suelo La Tondera (Typic Argiustolls), de posiciones fisiográficas de laderas de montaña de naturaleza sedimentaria, profundo, textura medio sobre fino, drenaje bueno, reacción moderadamente ácida, fertilidad media.

- Suelo Yatún (Pachic Haplustolls), de posiciones fisiográficas de Fondo de Valle de naturaleza aluvial, moderadamente profundo, fertilidad media, textura media sobre moderadamente fina, drenaje moderado.
- Suelo Limonero (Entic Haplustolls), de posiciones fisiográficas de laderas de montaña de naturaleza sedimentaria, Moderadamente profundo, textura moderadamente fina, drenaje bueno, fertilidad media, reacción ligeramente alcalina, presencia de carbonato de calcio.
- Suelo Tiayuc (Entic Haplustolls), de posiciones fisiográficas de laderas de montaña de naturaleza sedimentaria, Moderadamente profundo, presencia de fragmentos de arenisca a 105cm, textura media, reacción ligeramente ácida sobre ligeramente alcalina, presencia de carbonato de calcio, fertilidad media, drenaje moderado.
- Suelo Payac (Typic Haplustolls), de posiciones fisiográficas de laderas de montaña de naturaleza sedimentaria, moderadamente profundo, textura medio sobre fino, drenaje bueno, reacción fuertemente ácida, fertilidad media.

La Figura 3 muestra la distribución espacial de las unidades de suelos identificadas en el área de estudio.

#### **2.1.6 Uso actual de las tierras**

De acuerdo a la clasificación del uso actual de las tierras realizada por la Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios (DGAAA) del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), durante la Zonificación Agroecológica del distrito de Cutervo, el área de estudio presenta 50 unidades de uso de las tierras, entre unidades asociadas e individuales; cada una de ellas comprendidas en sus respectivos Sub grupos, Grupos y Gran Grupo de Uso de tierras.

Los tipos de uso del territorio más importantes por su extensión en orden descendente, son: tierras agrícolas, pecuaria, forestales, minero y sin uso.

#### **Tierras de uso agrícola**

Son tierras cuyo uso actual predominante es la agrícola con cultivos anuales y ocasionalmente permanentes; pueden ser unidades puras o asociadas con pastos, forestales o sin uso pero representan menor proporción.

#### **Tierras de uso pecuario**

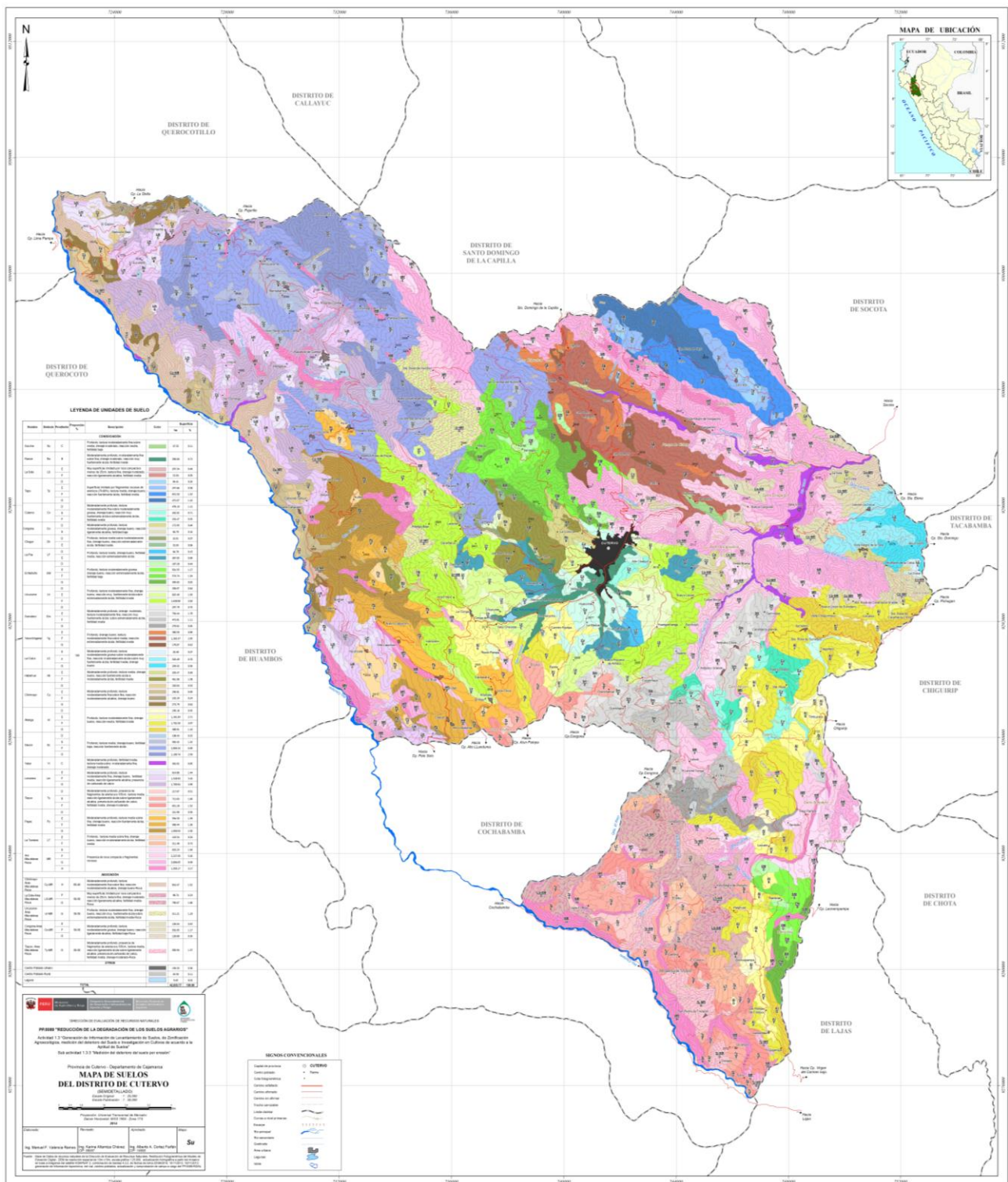
Estas tierras pueden estar con pastos cultivados y/o con pastos naturales; las primeras generalmente son cultivos en rotación dentro de tierras agrícolas; mientras que las segundas son herbazales de crecimiento estacional o permanente de crecimiento naturales que pueden ser pastoreados; ocasionalmente en zonas accidentadas y alejadas no son aprovechados. Los pastos naturales están representados por pasto mixto, pasto tipo césped, herbazales, pasto tipo pajonal, entre otros.

#### **Tierras de uso forestal**

Estas tierras son de dos grupos: bosques naturales y cultivados. Los bosques naturales principalmente están constituidos por relictos de bosque; mientras que las cultivadas están representadas por plantaciones de especies exóticas, principalmente Eucalipto, Pino, entre los más importantes.



Figura 3. Unidades de suelos identificadas en el distrito de Cutervo



Fuente: MINAGRI (2015)

### **Tierras de uso minero**

Las tierras de producción minera no metálica están representadas por canteras de materiales de construcción.

### **Tierras de uso poblacional**

Estas tierras están representados por los principales centros poblados urbanos y rurales.

### **Tierras de uso paisajístico**

Estas tierras están representadas por las lagunas, ríos, entre los más importantes. Así mismo en el distrito de Cutervo, existen sitios que constituyen atractivos turísticos, que su uso predominante es de turismo local.

### **Tierras sin uso**

Está representado por las tierras eriazas compuestas por afloramientos líticos, escarpes y suelos desnudos, que no tienen uso productivo.

La Figura 4 muestra la distribución espacial del uso actual de las tierras identificadas en el área de estudio.

#### **2.1.7 Capacidad de uso mayor de las tierras**

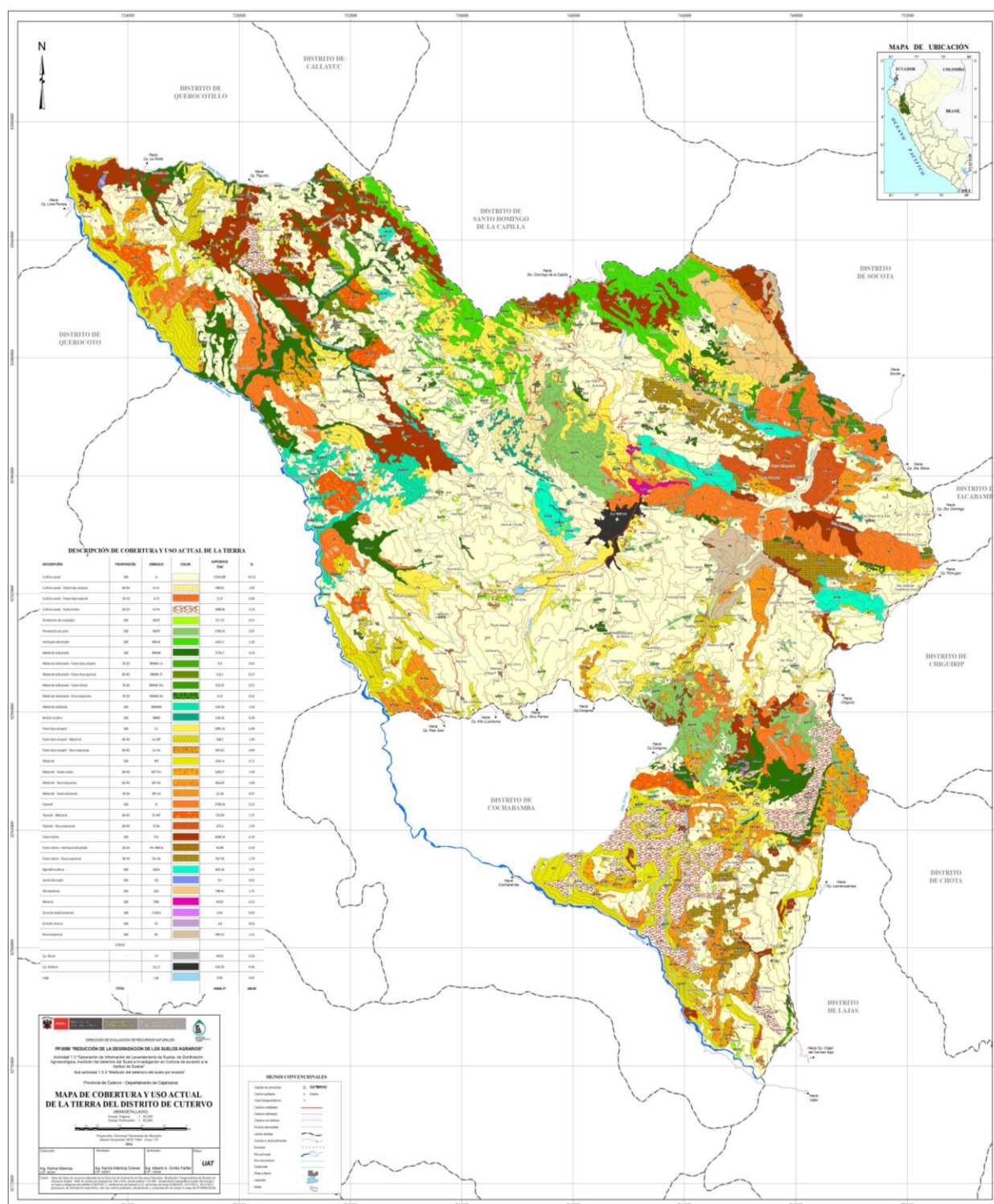
De acuerdo a la clasificación de la capacidad de uso mayor de las tierras realizada por la Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios (DGAAA) del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), durante la Zonificación Agroecológica del distrito de Cutervo, el ámbito de estudio presenta 5 grupos de capacidad de uso mayor: Tierras aptas para cultivos en limpio (A), Tierras aptas para cultivos permanentes (C), Tierras para pastos (P), Tierras forestales (F) y Tierras de protección (X).

Dentro de los grupos de capacidad de uso mayor, fueron identificaron 15 unidades de tierra a nivel de subclase: 2 pertenecientes a cultivos en limpio, A3sec, A3sec (r); 2 pertenecientes a cultivos permanentes, C2sw, C3se; 5 pertenecientes a pastos P2se, P3se, P3se(t), P3sec, P3sec(t); 5 perteneciente a producción forestal F2e, F2se, F3sc, F3se, F3sec; las tierras de Protección Xse; así mismo 2 asociaciones de subclase C3se-Xse, F3sec-Xse. Las características más limitantes que determinaron dicha sub clase, son pH extremadamente ácido a muy fuertemente ácido, superficialidad de los suelos y presencia de gravas ocasionalmente.

Por las características edáfoclimáticas y topográficas del distrito de Cutervo, las tierras están separados y representados por las 17 sub clases de capacidad de uso mayor, agrupados en unidades asociadas y no Asociadas.

La Figura 5 muestra la distribución espacial de la capacidad de uso mayor de las tierras identificadas en el área de estudio.

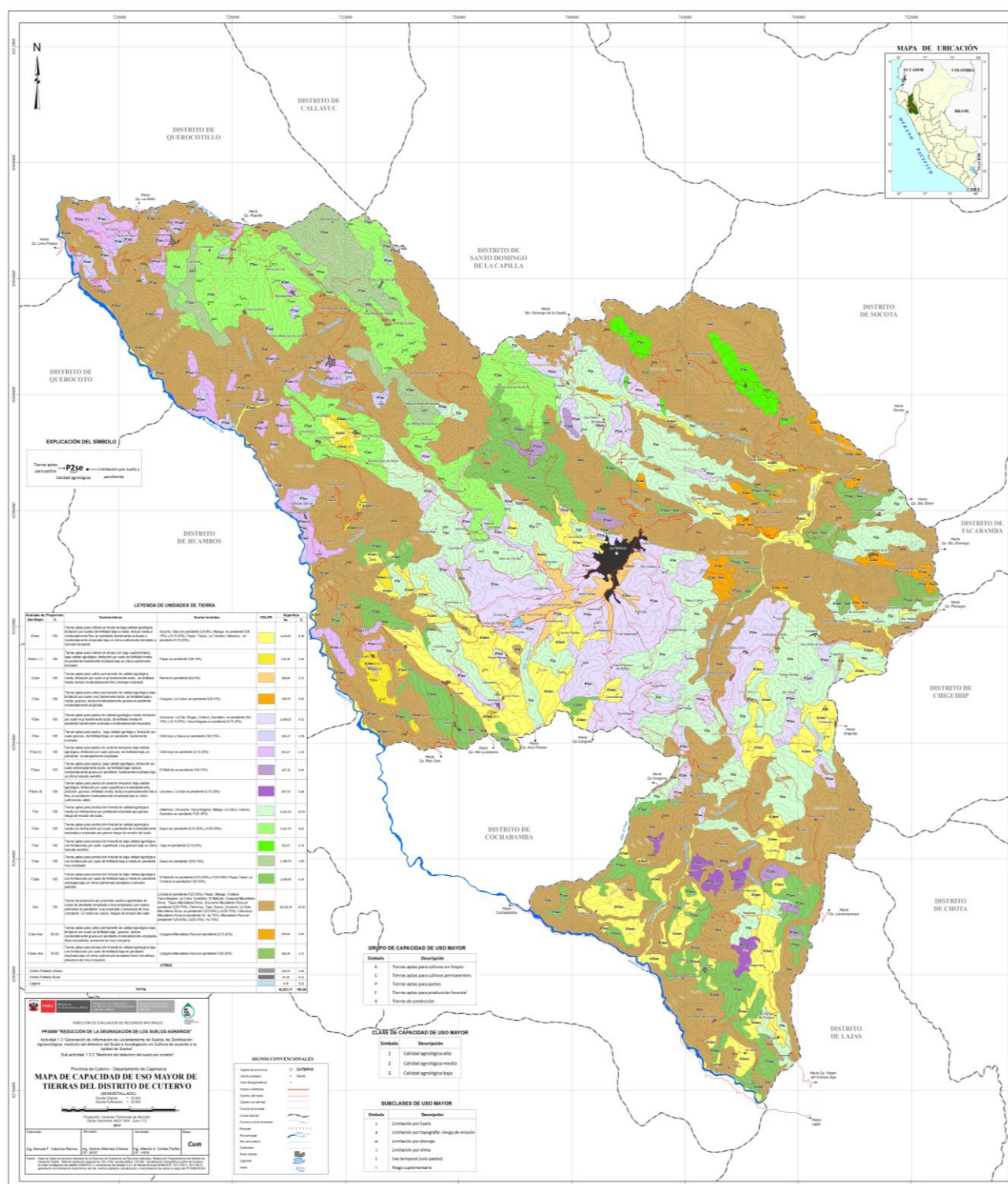
Figura 4. Uso actual de las tierras en el distrito de Cutervo



Fuente: MINAGRI (2015)



Figura 5. Capacidad de uso mayor de las tierras en el distrito de Cutervo.



Fuente: MINAGRI (2015)

### **2.1.8 Zonas de vida**

De acuerdo a la clasificación de zonas de vida realizada por la Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios (DGAAA) del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), durante la Zonificación Agroecológica del distrito de Cutervo, el área de estudio se caracteriza por tener precipitaciones que varían desde 260 mm (nivel altitudinal inferior) hasta 2000 mm/año (nivel altitudinal superior) y temperaturas medias anuales que varían de 24 °C a 8 °C, según se trate del nivel altitudinal superior o inferior, respectivamente. En el área de estudio se han determinado 5 zonas de vida.

Las principales características de las zonas de vida identificadas, en el ámbito de estudio, se describen a continuación:

#### **Monte espinoso-premontano tropical (Mte-PT)**

Situado en la parte baja del distrito, entre las cercanías del río Chotano y las localidades de Morero y Chirimoyo.

#### **Bosque seco-Premontano tropical (bs-PT)**

Situado entre las cercanías de las localidades de Mangalpa, Llogue, Santo domingo y otras zonas similares.

#### **Bosque seco-Montano bajo tropical (bs-MBT)**

Abarca las zonas contiguas a Mamabamba, Naranjito de Camse, Yatún, entre otros.

#### **Bosque húmedo-Montano bajo tropical (bh-MBT)**

Abarca las zonas contiguas a Cutervo, Chugur, Lanche, y otras zonas similares.

#### **Bosque muy húmedo-Montano tropical (bmh-MT)**

Abarca las zonas más altas de Tapo, Paraíso, Tambillo, entre otros.

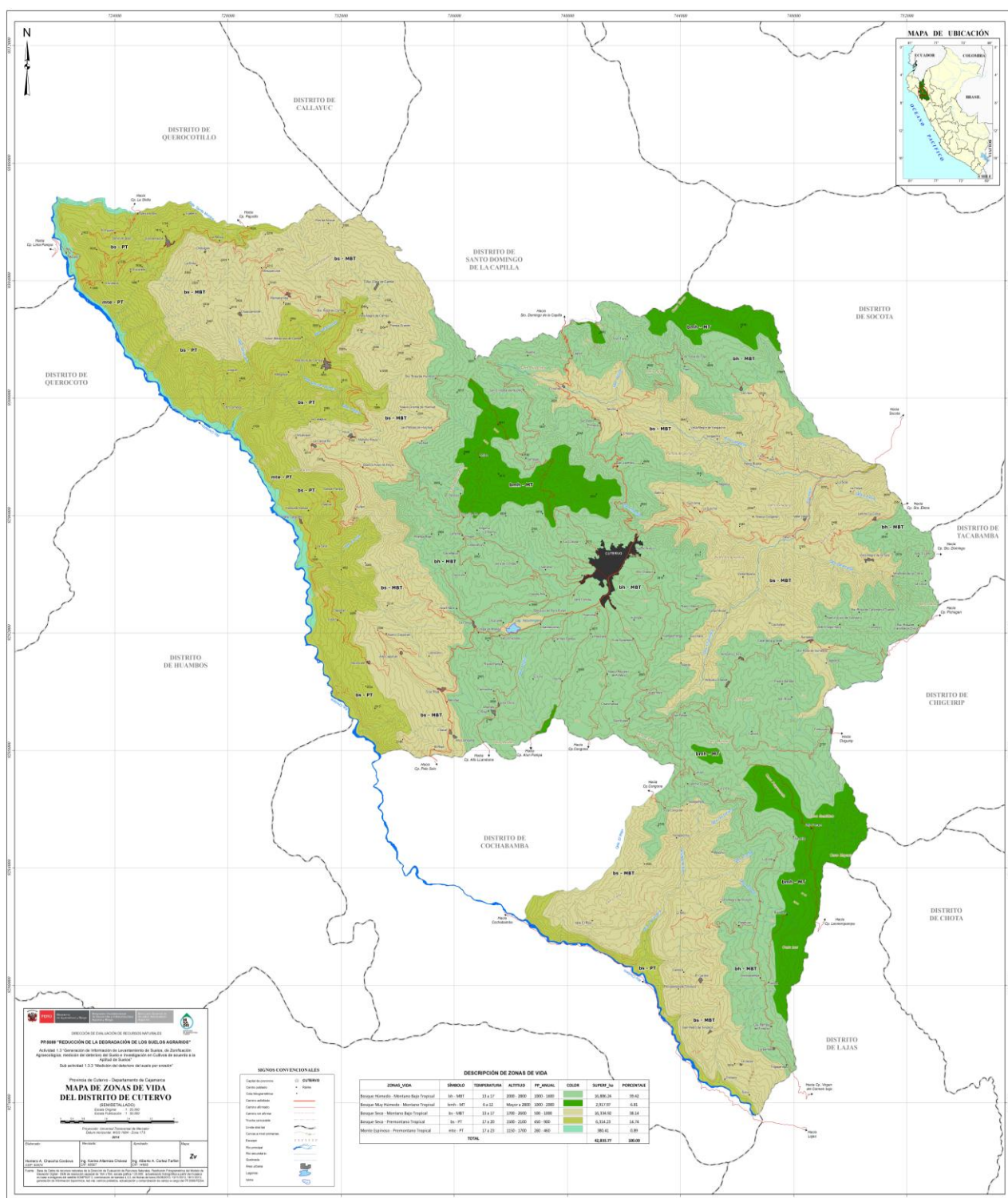
La Figura 6 muestra la distribución espacial de las zonas de vida de la capacidad de uso mayor de las tierras identificadas en el área de estudio.

## **2.2 ESTRUCTURA AGRARIA**

En el distrito de Cutervo, la superficie agropecuaria oscila alrededor de las 28 160,68 ha según el IV Censo Nacional Agropecuario. En el año 2012, la superficie agrícola se ha reducido en 2728,05 ha y la superficie no agrícola se ha incrementado en 2748,48 ha, con respecto al III Censo Nacional Agropecuario (Figura 7).

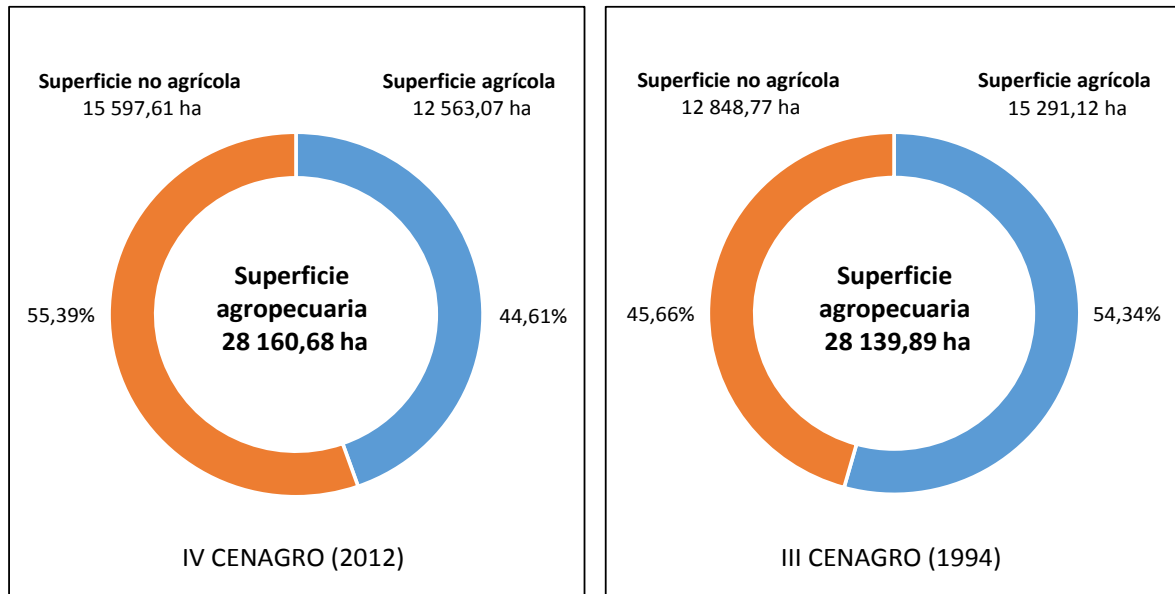


Figura 6. Zonas de vida identificadas en el distrito de Cutervo



Fuente: MINAGRI (2015)

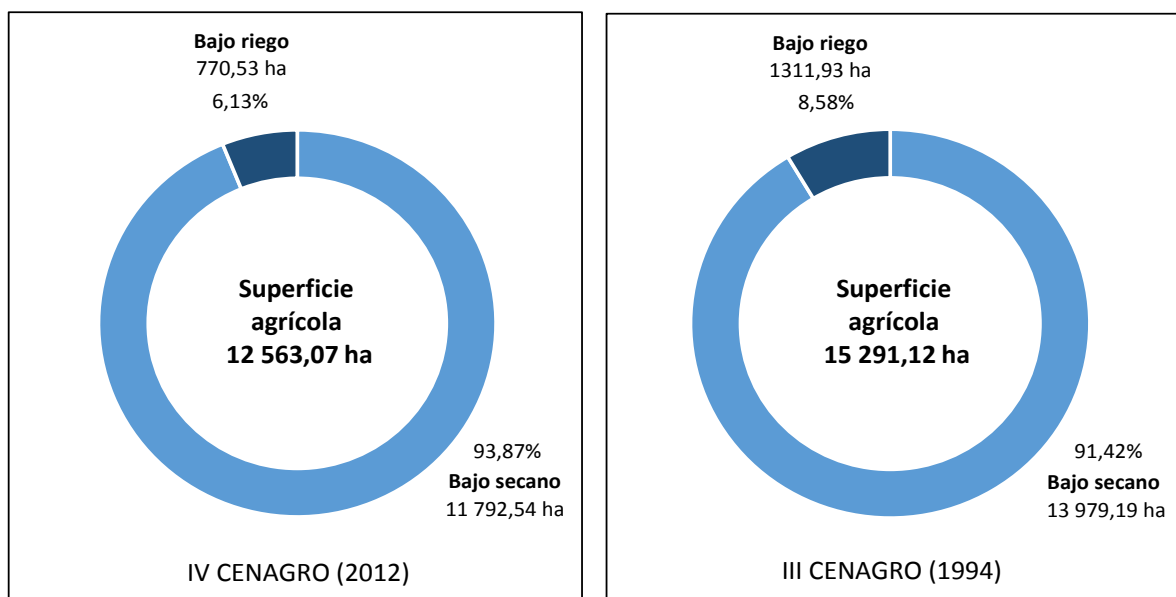
Figura 7. Superficie agrícola y no agrícola en el distrito de Cutervo



Fuente: III y IV Censo Nacional Agropecuario (INEI, 1994; INEI, 2012). Elaboración propia

La Figura 8 muestra que la superficie agrícola bajo riego y secano, en el año 2012, ha mostrado una reducción de 541,4 ha y 2186,65 ha respectivamente. Esto ha permitido que áreas antes dedicadas a la producción agrícola hayan cambiado de uso (pastos manejados y no manejados, montes y bosques y otros usos).

Figura 8. Superficie agrícola bajo riego y secano en el distrito de Cutervo

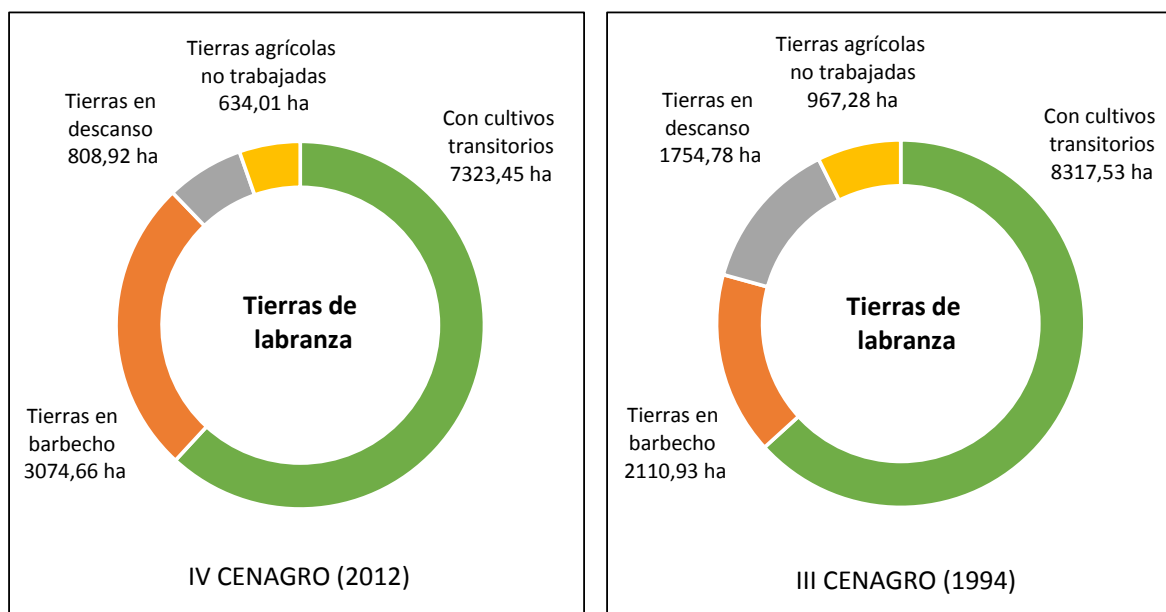


Fuente: III y IV Censo Nacional Agropecuario (INEI, 1994; INEI, 2012). Elaboración propia

La superficie agrícola se caracteriza por presentar tierras con cultivos transitorios, tierras en barbecho, tierras en descanso y tierras agrícolas no trabajadas. Entre los años 1994 y 2012, las tierras de labranza se han reducido en 1309,48 ha principalmente porque todas las clases de tierras decrecieron sus áreas, a excepción de las tierras en barbecho que incrementaron su extensión (963,73 ha).

En el año 2012, las tierras con cultivos transitorios ocuparon la mayor extensión de tierras agrícolas (7323,45 ha) seguido de las tierras en barbecho (3074,66 ha). En menor cantidad se encuentran las tierras en descanso (808,92 ha) y las tierras agrícolas no trabajadas (634,01 ha), tal como se muestra en la Figura 9.

Figura 9. Tipos de tierras de labranza en el distrito de Cutervo



Fuente: III y IV Censo Nacional Agropecuario (INEI, 1994; INEI, 2012). Elaboración propia

Las tierras con cultivos transitorios se caracterizan por la producción de cultivos agroindustriales, cereales, frutas, forrajes, hortalizas, leguminosas, tubérculos y raíces.

En el año 2012, las tierras bajo riego totalizaron 341,85 ha. En las parcelas agrícolas con riego permanente se produjeron cereales como el maíz amarillo duro (56,35 ha), el maíz amiláceo (76,71 ha) y el maíz choclo (27,71 ha); tubérculos y raíces como la papa blanca (72,99 ha) y la yuca (14,13 ha); hortalizas como el ajo (25,69 ha), la col (21,24 ha) y los vergeles hortícolas (17,73 ha); y leguminosas como la arveja (27,4 ha) y fríjol (19,72 ha).

Las tierras bajo secano se caracterizan por una producción temporal durante el año porque dependen de la presencia o ausencia de las lluvias. Los cereales, leguminosas, tubérculos y raíces y hortalizas que mayormente se produjeron fueron el maíz amarillo duro (902,74 ha), el maíz amiláceo (1480,53 ha), la arveja (505 ha) y la papa blanca y amarilla (2724,92 ha).

Las Figuras 10A al 10G muestran los principales grupos y cultivos que se produjeron, según el IV Censo Nacional Agrario, en terrenos bajo riego y secano.

Figuras 10A al 10G. Grupos de cultivos transitorios que se produjeron en tierras bajo riego y secano en el distrito de Cutervo



Fuente: IV Censo Nacional Agropecuario (INEI, 2012). Elaboración propia

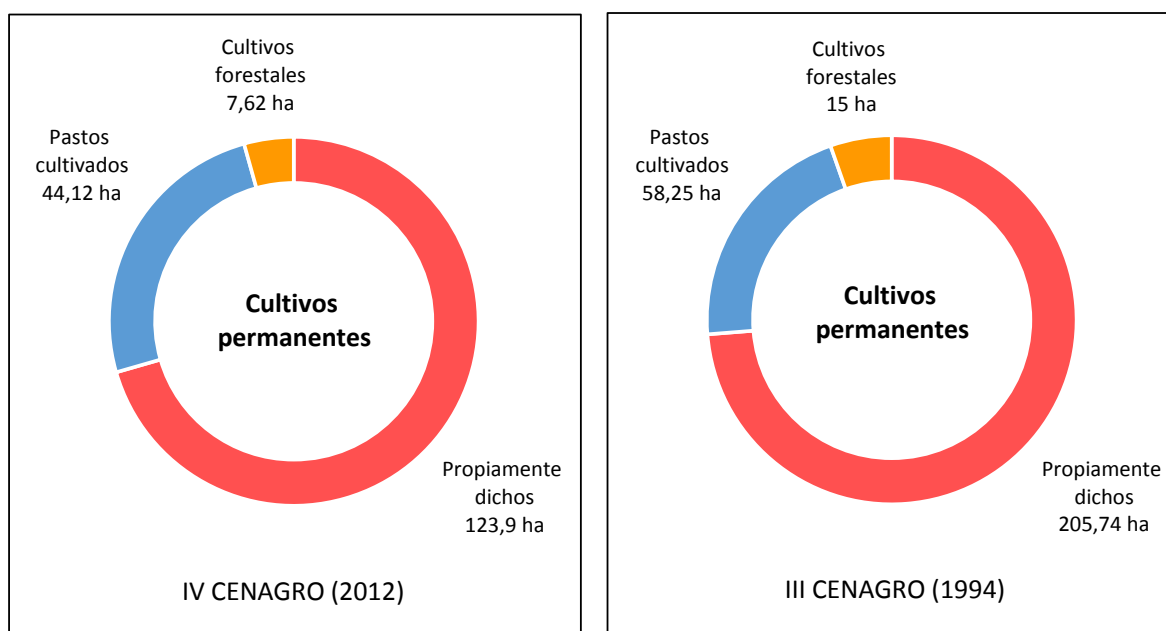


Fuente: IV Censo Nacional Agropecuario (INEI, 2012). Elaboración propia

Las tierras con cultivos permanentes ocupan la menor extensión de tierras agrícolas porque representan sólo el 1,17% (INEI, 2012). Entre los años 1994 y 2012, las tierras con cultivos permanentes propiamente dichos, pastos cultivados y cultivos forestales se han reducido entre un 24,2% a 49,2%.

Según el IV Censo Nacional Agropecuario del año 2012, las tierras con cultivos permanentes propiamente dichos (industriales y frutales) ocupan la mayor área con 123,9 ha, seguidas de las tierras con pastos cultivados con 44,12 ha. En menor extensión se hallan las tierras con cultivos forestales, debido a que sólo presentan una superficie de 7,62 ha (Figura 11).

Figura 11. Tierras con cultivos permanentes en el distrito de Cutervo



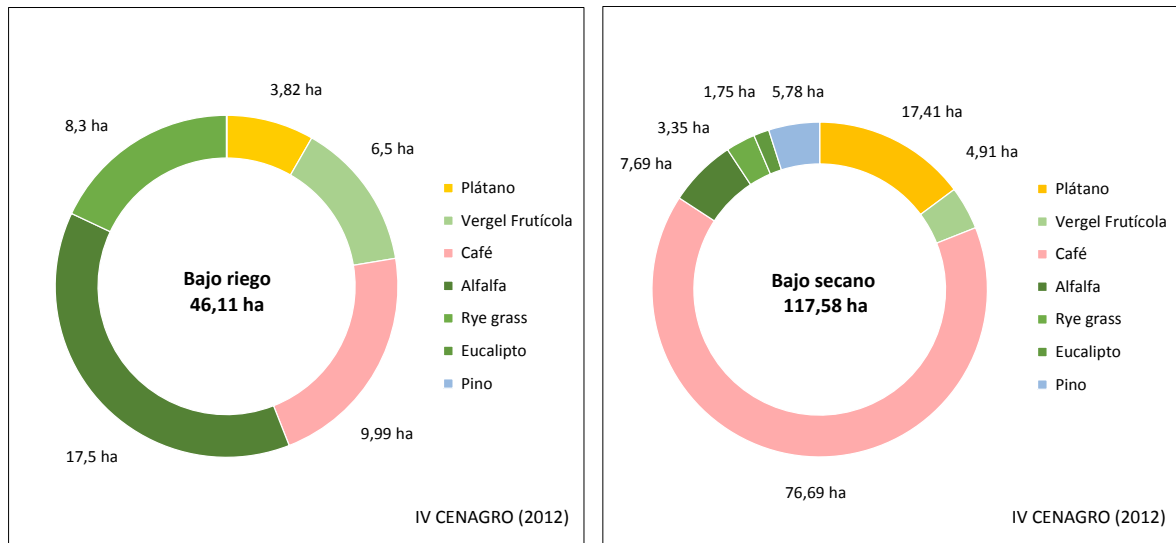
Fuente: III y IV Censo Nacional Agropecuario (INEI, 1994; INEI, 2012). Elaboración propia

Los cultivos permanentes propiamente dichos como los frutales y agroindustriales, se producen mayormente en terrenos bajo secano y en menor proporción en áreas bajo riego. El plátano (21,23 ha) y vergel frutícola (11,41 ha) son los más cultivados en la zona de estudio.

Los pastos cultivados como la alfalfa y el rye grass se producen en mayor proporción en terrenos bajo riego (17,5 ha y 8,3 ha respectivamente) y en menor proporción en áreas bajo secano (7,69 ha y 3,35 ha respectivamente).

Los cultivos forestales como el eucalipto y pino se cultivan sólo en terrenos de secano (1,75 ha y 5,78 ha respectivamente), tal como se muestra en la Figura 12.

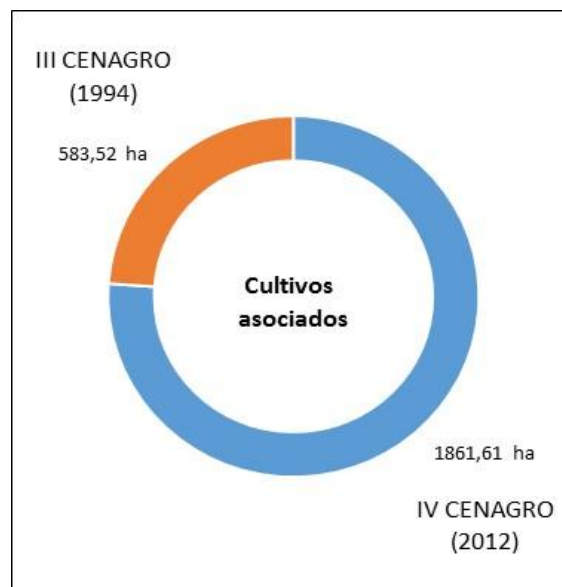
Figura 12. Grupos de cultivos permanentes que se produjeron en tierras bajo riego y secano en el distrito de Cutervo



Fuente: IV Censo Nacional Agropecuario (INEI, 2012). Elaboración propia

El área destinada a la producción de cultivos asociados, entre los años 1994 y 2012, se ha incrementado (1278,09 ha) principalmente porque las áreas agrícolas con cultivos asociados transitorios han aumentado (Figura 13).

Figura 13. Tierras con cultivos asociados en el distrito de Cutervo

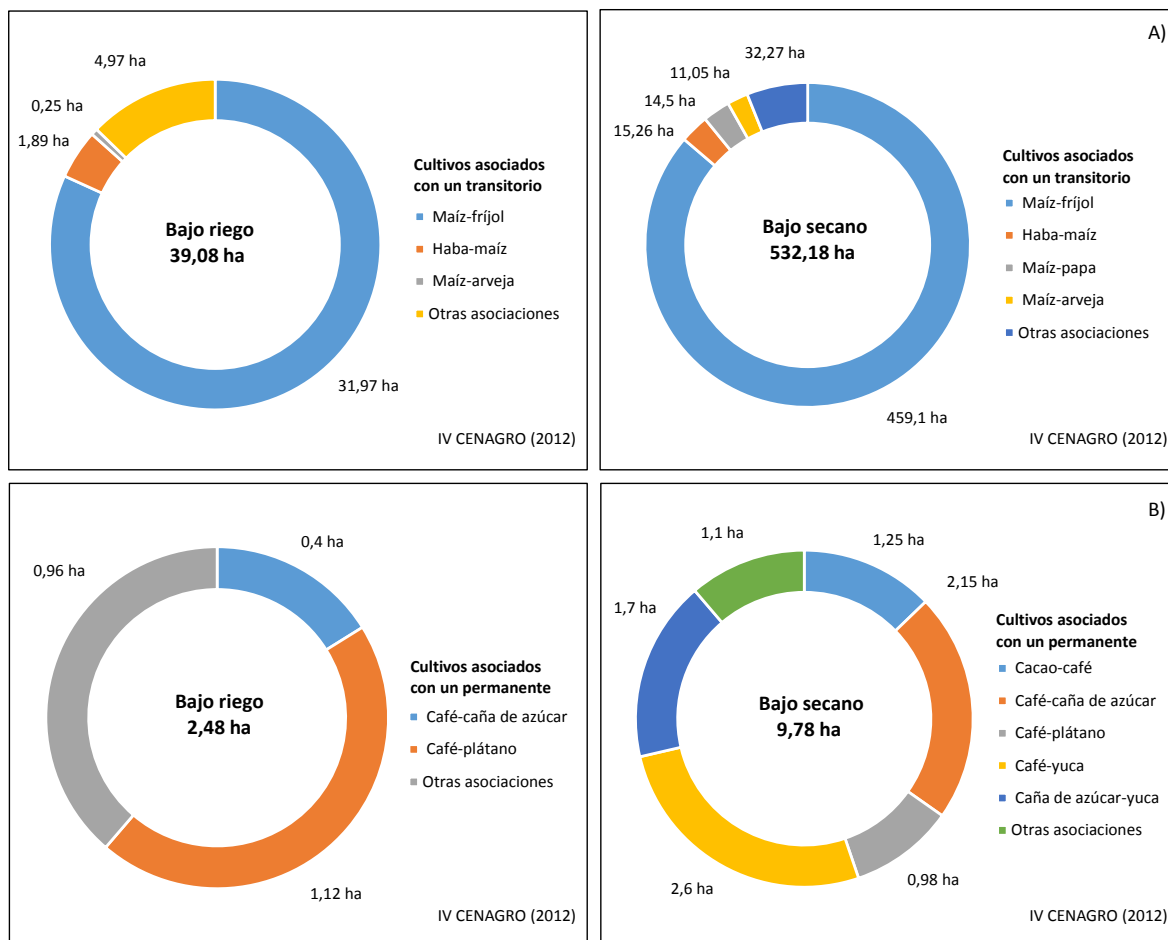


Fuente: III y IV Censo Nacional Agropecuario (INEI, 1994; INEI, 2012). Elaboración propia

Los cultivos asociados pueden ser entre dos transitorios o con un permanente. La principal asociación entre dos cultivos transitorios fue del maíz-fríjol (491,07 ha), debido a que esta representa 85,96% de la superficie bajo riego y secano.

Respecto a la asociación entre dos cultivos permanentes predominan los que se realizan con el café, debido a que esta representa el 69,33% (8,5 ha) de la superficie agrícola bajo riego y secano (Figuras 14A y 14B).

Figuras 14A y 14B. Grupos de cultivos asociados que se produjeron en tierras bajo riego y secano en el distrito de Cutervo



Fuente: IV Censo Nacional Agropecuario (INEI, 2012). Elaboración propia

## 2.3 PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

### 2.3.1 Sector agrícola

Los cultivos que presentan una mayor superficie cosechada son la papa (5271,58 ha), el maíz amiláceo (4865,58 ha), el maíz amarillo duro (1995,08 ha), la arveja para grano seco (1413,83 ha) y el frijol para grano seco (1174,38 ha). Estos cultivos son producidos principalmente en áreas bajo riego y secano ubicadas en los valles interandinos y zonas de laderas.

La papa es el tubérculo que presenta un mayor rendimiento (13 025,18 kg/ha), además de aportar el mayor valor bruto de la producción agrícola en el distrito (70 586,28 t). También es importante



apreciar la producción de cereales como el maíz amiláceo (4250,17 t) y el maíz amarillo duro (4714,08 t), tal como se aprecia en la Tabla 1.

Tabla 1. Superficie cosechada, rendimiento y producción de los principales cultivos transitorios en el distrito de Cutervo (Campaña agrícola promedio: 1996-97 al 2012-13)

Cultivo	Superficie Cosechada (ha)	Rendimiento (kg/ha)	Producción (t)
Papa	5271,58	13 025,18	70 586,28
Maíz amiláceo	4865,58	877,15	4250,17
Maíz amarillo duro	1995,08	2469,61	4714,08
Arveja grano seco	1413,83	893,08	1284,17
Fríjol grano seco	1174,38	1790,00	846,06
Maíz choclo	721,42	3459,11	2474,06
Yuca	611,21	5507,05	3437,82
Arveja grano verde	605,75	1923,50	1194,93
Fríjol grano verde	295,17	1965,89	581,93
Ajo	168,92	3760,92	638,76
Arracacha	147,75	4389,01	647,20
Haba grano seco	117,10	820,67	91,77
Trigo	114,33	936,77	110,63
Fríjol de palo grano seco	73,00	798,51	8,95

Fuente: DRA-Cajamarca (2014). Elaboración propia

### 2.3.2 Sector pecuario

A nivel de unidad productiva, también tiene importancia la producción pecuaria, ya que le permite al agricultor obtener los ingresos monetarios adicionales y necesarios para adquirir una serie de productos indispensables para desarrollar su actividad agrícola, pecuaria o para vivir y, también, le permite aprovechar los rastrojos de las cosechas de las parcelas agrícolas dispersas en las áreas de pastoreo alejadas; además, este tipo de explotación se considera segura, porque los productos o subproductos que se obtienen de ella no son perecibles y pueden ofertarse en cualquier momento.

La crianza de ovinos, porcinos, aves y cuyes se lleva a cabo en forma doméstica, con la finalidad de proveerse de carne para el autoconsumo y el excedente ofertarlo al mercado. La crianza doméstica de cuyes tiene trascendental importancia en la zona y se lleva a cabo con la finalidad de obtener carne; su desarrollo, sin embargo, se ve afectado por enfermedades y parásitos que limitan su expansión.

Las Tablas 2 al 6 muestran la población pecuaria de ganado (vacunos, ovino, porcino), aves, entre otros; que se crían en el área de estudio.

Tabla 2. Población de ganado vacuno en el distrito de Cutervo

Ganado Vacuno	Razas					
	Total	Holstein	Brown Swiss	Gyr/Cebú	Criollos	Otras Razas
Terneros(as)	10 633	656	206	57	9082	632
Vaquillas	2251	247	52	13	1775	164
Vaquillonas	1525	129	33	15	1207	141
Vacas	13 386	1091	242	88	11 169	796
Toretas	2033	97	17	11	1723	185
Toros	7072	215	135	46	6202	474
Bueyes	227					
Total	37 127	2435	685	230	31 158	2392

Fuente: IV Censo Nacional Agropecuario (INEI, 2012)

Tabla 3. Población de ganado ovino en el distrito de Cutervo

Ganado Ovino	Razas					
	Total	Corriedale	Hampshire Down	Black belly	Criollos	Otras razas
Corderos(as)	1326	34	14	11	1203	64
Borregillas	1000	16	11	17	926	30
Borregas	2228	61	18	19	2029	101
Carnerillos	263	6				233
Carneros	662	19	2	6	604	31
Capones	33					
Total	5512	136	45	53	4995	250

Fuente: IV Censo Nacional Agropecuario (INEI, 2012)

Tabla 4. Población de ganado porcino en el distrito de Cutervo

Ganado Porcino	Razas		
	Total	Criollos	Mejorados
Lechones	6238	5851	387
Gorrinas	2892	2745	147
Marranas	3276	3056	220
Gorrinos	2068	1942	126
Verracos	2430	2307	123
Total	16 904	15 901	1003

Fuente: IV Censo Nacional Agropecuario (INEI, 2012)

Tabla 5. Población de aves en el distrito de Cutervo

Aves	Casos	Cabezas
Pollos y pollas de engorde	6037	46 939
Gallinas	13 272	77 769
Gallos	11 017	19 469
Pavos	543	1935
Patos	973	3660
Total	31 842	149 772

Fuente: IV Censo Nacional Agropecuario (INEI, 2012)

Tabla 6. Población de caprinos, auquénidos, equinos, cuyes y conejos en el distrito de Cutervo

Otras especies	Número	
	Total	Hembras
Cabras	134	62
Llamas lanudas	18	
Llamas peladas	25	1
Caballos, potros y yeguas	4913	1921
Burros, burras y mulas	1478	592
Conejos	1681	780
Cuyes	145 344	
Total	153 593	3356

Fuente: IV Censo Nacional Agropecuario (INEI, 2012)

## 2.4 CULTIVOS PRIORIZADOS

Para el estudio agroclimático del distrito de Cutervo se priorizaron los cultivos de arveja y frijol para grano seco, maíz amiláceo, maíz amarillo duro y papa; los cuales fueron seleccionados por la superficie cosechada, importancia socioeconómica y por ser cultivos que contribuyen a la seguridad alimentaria del poblador.

### I. OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo general

- Caracterizar agroclimáticamente el distrito de Cutervo, departamento de Cajamarca.

#### 3.2 Objetivos específicos

##### Objetivo específico 1:

- Caracterizar agrícolamente los cultivos priorizados.

#### **Objetivo específico 2:**

- Caracterizar los principales parámetros climáticos y eventos extremos relacionados con los cultivos priorizados.

#### **Objetivo específico 3:**

- Evaluar a través de percepciones de la población el impacto de la variabilidad climática sobre los cultivos priorizados.

### **IV. METODOLOGÍA**

#### **4.1 BASE DE DATOS**

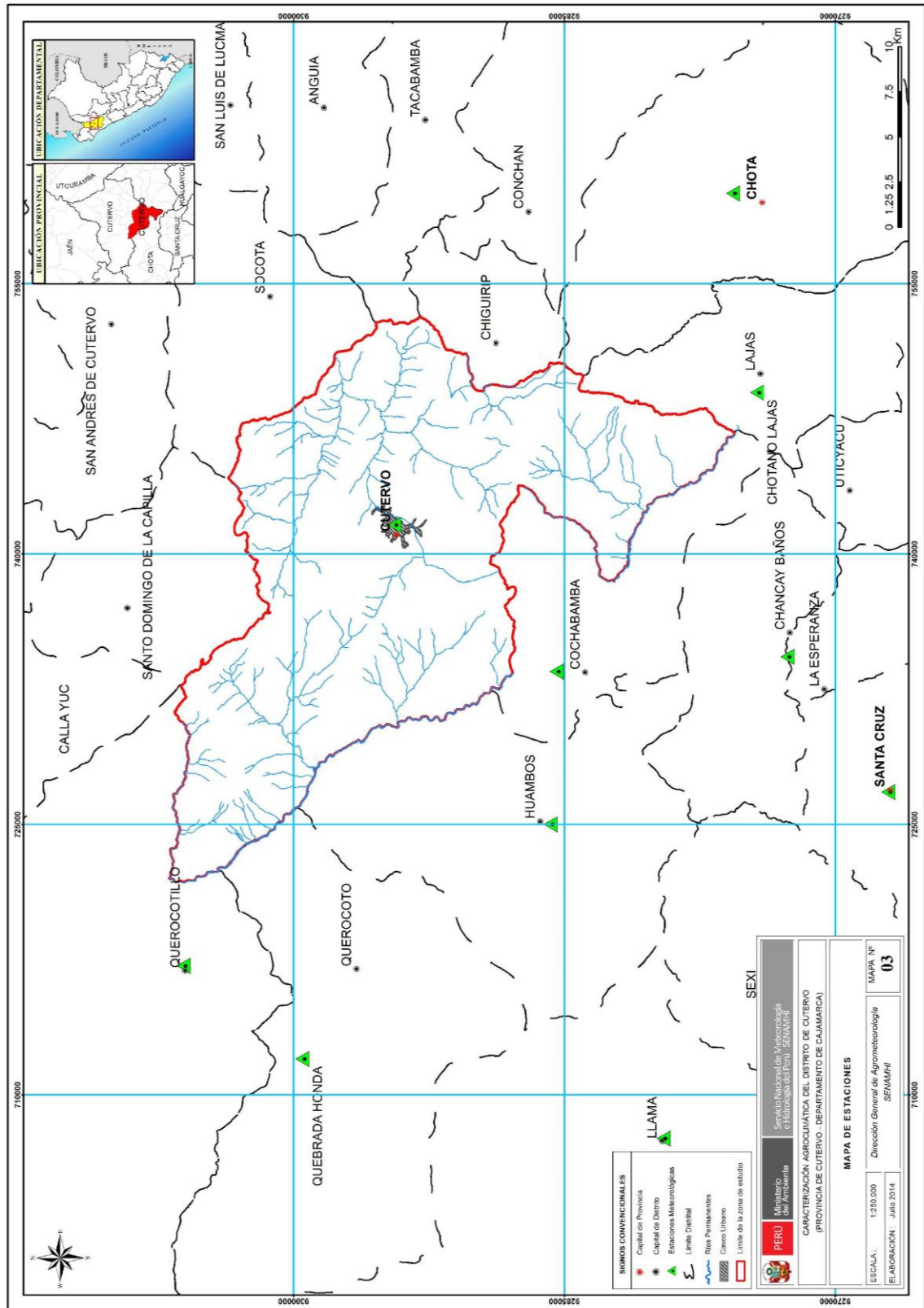
##### **4.1.1 Climática**

Se utilizaron series históricas de parámetros climáticos registradas en estaciones meteorológicas del SENAMHI, localizadas dentro y fuera de la zona de estudio. Los parámetros climáticos evaluados en el estudio fueron la temperatura máxima y mínima, precipitación, humedad relativa y velocidad del viento. La red de estaciones priorizadas para el estudio de caracterización se muestra en el Mapa 9.

Para el análisis espacial, del área de estudio, se utilizó información climática de las estaciones meteorológicas que se presentan en la Tabla 7 y para el período 1987 al 2012. Asimismo, el análisis espacial del comportamiento climático fue evaluado para dos periodos agrícolas: **octubre a abril**, periodo donde se cultiva el frijol para grano seco, maíz amarillo duro, maíz amiláceo y papa (mejorada y nativa dulce), y **abril a setiembre**, periodo donde se produce el cultivo de arveja para grano seco.

Por otro lado, la evaluación temporal de los parámetros climáticos en el área de estudio fue realizado a partir de la información de la estación meteorológica de Cutervo para el periodo 1965 al 2012 y a nivel decadiario.

### Mapa 3. Distribución espacial de la red de estaciones meteorológicas utilizadas para el estudio



Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Estaciones meteorológicas y parámetros climáticos utilizados para el estudio

Estación	Departamento	Provincia	Distrito	Longitud (W)	Latitud (S)	Altura (msnm)	Parámetro	Período	
								Inicio	Fin
Chota	Cajamarca	Chota	Chota	78°38'56,04"	6°32'51"	2456	Tmáx, Tmín, PP, HR, VV	1987	2012
Cochabamba			Cochabamba	78°53'20,04"	6°27'37,08"	1642	Tmáx, Tmín, PP, HR, VV	1987	2012
Huambos			Huambos	78°57'56"	6°27'27"	2213	Tmáx, Tmín, PP, HR, VV	1987	2012
Chotano Lajas			Lajas	78°44'55"	6°33'36"	2122	PP	1987	2012
Llama			Llama	79°7'22"	6°30'53"	2079	Tmáx, Tmín, PP, HR, VV	1987	2012
Cutervo		Cutervo	Cutervo	78°48'56,88"	6°22'42,96"	2616	Tmáx, Tmín, PP, HR, VV	1987	2012
Querocotillo			Querocotillo	79°2'14"	6°16'26"	1956	PP	1987	2012
Chancay Baños		Santa Cruz	Chancay Baños	78°52'52"	6°34'33"	1575	Tmáx, Tmín, PP, HR, VV	1987	2012
Santa Cruz			Santa Cruz	78°56'55"	6°37'36"	2039	Tmáx, Tmín, PP, HR, VV	1987	2012
Quebrada Honda		San Miguel	San Silvestre de Cochan	78°39'1"	6°54'1"	3691	PP	1987	1997

Fuente: Elaboración propia

Tmáx : Temperatura máxima (°C)      HR : Humedad relativa (%)

Tmín : Temperatura mínima (°C)      VV : Velocidad del viento (m/s)

PP : Precipitación (mm)

## Control de calidad

El control de calidad primario de los datos meteorológicos se realizó con procesos automatizados y en forma manual. La primera fase se basó de un análisis exploratorio de los datos a fin de identificar posibles saltos u outliers con el programa RClimDex. La segunda fase consistió en verificar la homogeneidad de la serie histórica por medio de la prueba F-Fisher de homogeneidad de varianzas y la prueba t-Student de homogeneidad de medias.

El control de calidad secundario se basó en verificar los datos dudosos en las planillas manuales meteorológicas. Los datos encontrados por mala anotación o digitación fueron eliminados o corregidos buscando la coherencia interna y consistencia espacial con estaciones vecinas de similar comportamiento climático.

## Mapas agroclimáticos

Se utilizaron mapas mensuales de cada uno de los parámetros climáticos con la finalidad de elaborar mapas agroclimáticos de los cultivos priorizados para los períodos agrícolas: **octubre a abril y abril a setiembre**.

Los mapas de temperatura máxima y mínima fueron elaborados por el método de regresión lineal múltiple donde el comportamiento de la temperatura es explicada por la longitud (Y) y la elevación (DEM). Para la precipitación, las variables que explican su comportamiento corresponde a la latitud (X), longitud (Y) y elevación (DEM). Una gran ventaja del método es la corrección de la interpolación a partir de un mapa de errores que permite ajustar el mapa resultante y representar el comportamiento de la variable que no pudo ser explicada mediante la fórmula (Quevedo y Sánchez, 2009).

El mapa de humedad relativa fue calculado mediante álgebra de mapas expresado como el cociente entre la presión real de vapor ( $e_a$ ) a una temperatura hallada mediante el método psicométrico y la presión media de vapor de saturación ( $e_s$ ) a la misma temperatura.

El mapa de evapotranspiración referencial se elaboró mediante el modelo de Hargreaves-Samani (1985), el cual se aproxima al método de Penman Monteith. Los parámetros que requiere el modelo son: temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura media y radiación extraterrestre.

#### **4.1.2 Agrícola**

La información estadística mensual sobre la superficie sembrada y cosechada, así como del calendario histórico de cada cultivo priorizado, se obtuvo de la Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos (OEEE) del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). Esta información correspondió a las campañas agrícolas 1999-00 al 2012-13.

### **4.2 EVALUACIÓN DE CULTIVOS**

Brinda información básica sobre los requerimientos agroclimáticos, edáficos y de paisaje; así como el comportamiento fenológico y la estacionalidad histórica de las siembras y cosechas de cada cultivo priorizado.

#### **Requerimientos agroclimáticos, edáficos y de paisaje**

Las exigencias medio ambientales que presentan los cultivos priorizados, tanto para su crecimiento y desarrollo de sus funciones metabólicas, se determinaron a partir de información primaria (entrevista a especialistas) y secundaria (publicaciones y/o investigaciones).

Se consigna información sobre requerimientos térmicos, hídricos, humedad relativa, fotoperiodo, propiedades físicas y químicas del suelo, así como de altitud y pendiente para cada uno de los cultivos priorizados.

#### **Fenología**

El comportamiento fenológico, de cada cultivo priorizado, se definió a partir de información fenológica proveniente del FENOSYS (SENAMHI, 2014), así como de la estacionalidad histórica de las siembras y cosechas obtenidas del MINAGRI (2014).

La información de entrevistas realizadas a especialistas y productores agrarios permitió validar la información fenológica de cada cultivo priorizado.

Tomando en consideración la definición de los períodos fenológicos y las fases fenológicas establecida por diversos autores, se estableció el comportamiento fenológico de la siguiente manera:

- Cultivo de arveja: germinación, emergencia, desarrollo de hojas, botón floral, floración, formación de fruto, maduración y senescencia.
- Cultivo de frijol: germinación, emergencia, hojas primarias, botón floral, floración, formación de vainas, llenado de vainas, maduración de vainas y senescencia.
- Cultivo de maíz: germinación, emergencia, desarrollo de hojas, panojamiento, espigamiento, maduración lechosa, maduración pastosa, maduración cornea, senescencia.

- Cultivo de papa: brotamiento, emergencia, brotes laterales, botón floral, floración, maduración y senescencia.

### 4.3 EVALUACIÓN AGROCLIMÁTICA

Se describe las condiciones agroclimáticas para la estación meteorológica representativa del distrito de Cutervo, para los períodos agrícolas donde crecen y se desarrollan los cultivos priorizados y a nivel decadiario (10 días).

Para tales fines se utilizó la serie histórica de datos diarios disponibles de los parámetros climáticos (temperatura del aire, precipitación, humedad relativa y velocidad del viento) de la estación de Cutervo, para el periodo comprendido entre los años 1965 al 2012.

#### Temperatura

Se analizó el comportamiento espacio temporal de la temperatura máxima, temperatura mínima y temperatura media. Asimismo, la variación temporal de la temperatura mínima absoluta.

#### Heladas

En el presente estudio se evaluaron las heladas agronómicas. La temperatura base considerada para evaluar la helada agronómica, en los cultivos priorizados del distrito de Cutervo, se detalla en la Tabla 8.

Tabla 8. Temperatura base (TB) de los cultivos priorizados

Cultivo priorizado	TB (°C)	Fuente bibliográfica
Arveja	5	Chiappe (1968), Doorenbos y Kassam (1979), Ortiz (1982) citado en Ruiz et al (1999), Parsons (1987), CIREN (1989), Santibáñez (1994), Yuste (1997)
Fríjol	8	Qi et al (1998), Dapaah et al (1999), Bahía et al (2000), Barrios y López (2009)
Maíz amiláceo	7	Manrique (1997), Lesur (2005), Altet (2006)
Maíz amarillo duro	10	Gilmore y Rogers (1958) y Arnold (1959) citado en Yzarra (2009), DRASAM (2014)
Papa mejorada	6	Smith (1977), López et al (1980), Cao y Tibbitts (1995)
Papa nativa dulce	4	

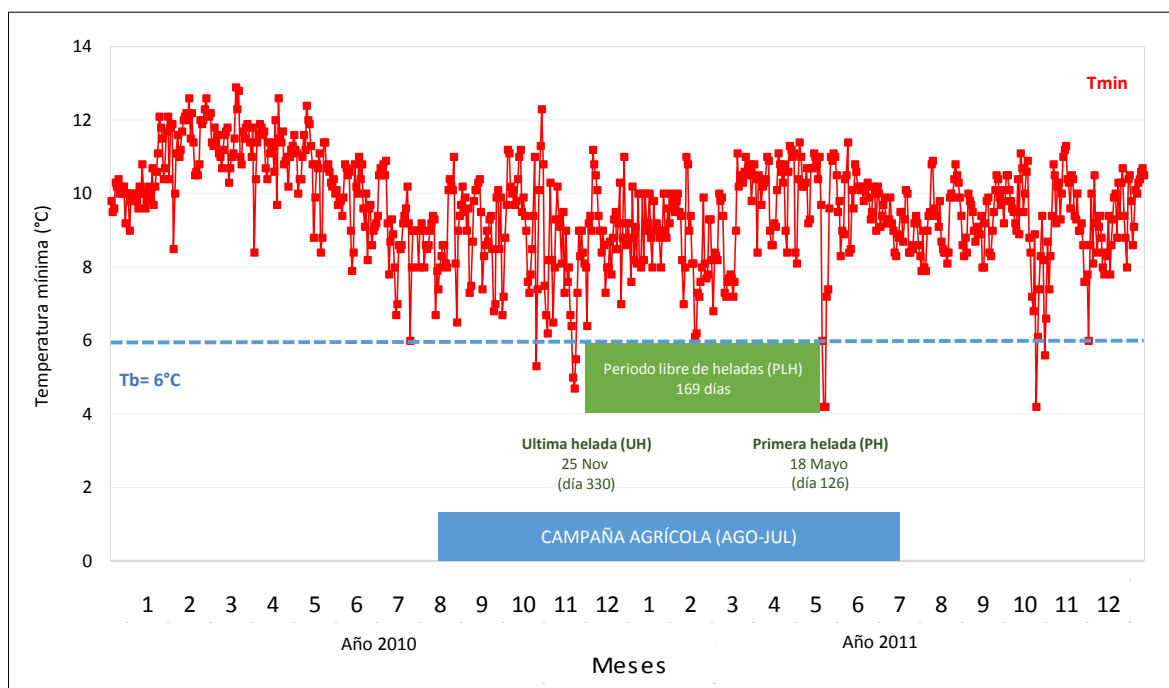
Fuente: Elaboración propia

La fecha media de la primera y última helada, la duración promedio del período libre de heladas y la intensidad media de las heladas (°C) a nivel mensual y anual; se evaluó siguiendo la metodología descrita en el Atlas de Heladas (SENAMHI, 2010). El cálculo de estos parámetros se realizó con el Software INSTAT versión 3.36 (University of Reading, 2014).

La Figura 15 muestra la representación de la primera, última helada y el período libre de heladas agronómicas para la estación de Cutervo.



Figura 15. Determinación de la fecha de la primera y última helada agronómica para el cultivo de papa mejorada, así como el período libre de heladas agronómicas durante la campaña agrícola 2010-11, considerando como  $T_b = 6^\circ\text{C}$  (Estación meteorológica de Cutervo)



Fuente: Elaboración propia

## Precipitación

Para caracterizar la precipitación se definió primeramente el inicio de la estación lluviosa, para lo cual se calculó la contribución de la precipitación mensual de las lluvias con respecto al promedio anual, considerando el inicio de la estación lluviosa, el primer mes de lluvia con porcentaje superior o igual 8,3%, y fin de la estación lluviosa el último mes de una serie consecutiva que acumule una cantidad de precipitación menor o igual a 8,3% respecto a la cantidad anual (Schrooder, 1966).

Se evaluó su distribución temporal para condiciones promedio, años húmedos y secos más representativos de la serie histórica. Asimismo, se muestra el comportamiento espacial de la precipitación total para las campañas agrícolas de los cultivos priorizados: **octubre a abril** y **abril a setiembre**.

## Índices de sequías

Wilhite y Glantz (1985) definen la sequía agrícola como el déficit marcado y permanente de lluvia que reduce significativamente la producción agrícola con relación a la normal o los valores esperados para una región dada. La sequía agronómica implica un desequilibrio hídrico negativo en la planta, la cual no inicia cuando cesa la precipitación, sino cuando las plantas ya no pueden absorber agua del suelo por estar agotadas las reservas (Ledesma, 2000).

Para cuantificar la sequía agrícola fue utilizado el Índice de Severidad de Sequías de Palmer autocalibrado (SCPDSI), propuesto por Wells (2003), método que a partir de los parámetros de entrada (precipitación y la capacidad de agua disponible (CAD del suelo) calcula los componentes del balance de agua, incluyendo la evapotranspiración, la recarga del suelo, la escorrentía, la pérdida

de humedad del horizonte superficial y presenta como resultado la duración, cantidad e intensidad de los eventos secos.

La severidad de la sequía fue estimada en función a la intensidad de la sequía, cuyos rangos se presentan en la Tabla 9. Asimismo se evaluó la distribución temporal y la variación interanual de las sequías agrícolas y los periodos húmedos.

Tabla 9. Índices de sequía según la intensidad

Severidad	Rango
Sequía extrema	$\leq -4$
Sequía severa	de -3,0 a -3,99
Sequía moderada	de -2,0 a -2,99
Sequía ligera	de -1,0 a -1,99
Sequía incipiente	de -0,5 a -0,99
Normal	de 0,49 a -0,49
Humedad incipiente	de 0,50 a 0,99
Ligeramente húmedo	de 1,0 a 1,99
Moderadamente húmedo	de 2,0 a 2,99
Severamente húmedo	de 3,0 a 3,99
Extremadamente húmedo	de 4,0 a 4,99

Fuente: Wells (2003)

### Balance hídrico agrícola

El balance hídrico agrícola permite determinar para cada una de las fases fenológicas, de los cultivos priorizados, la disponibilidad de agua, evaporación, épocas de recarga de agua, el déficit y exceso de agua.

El balance hídrico agrícola se calculó a partir del método de Thornthwaite-Mater (1957) introduciendo información de los cultivos (época de siembra, período vegetativo, fases fenológicas, coeficiente de cultivo), la capacidad de agua disponible del suelo, capacidad de campo, punto de marchitez, densidad aparente y profundidad efectiva de las raíces (Baldión, 1987), así como la evapotranspiración potencial y la precipitación a nivel decadal.

La evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) se calculó utilizando la ecuación de Hargreaves (FAO, 2006b). Este método se emplea cuando no se tiene disponibilidad de datos meteorológicos de radiación solar, humedad relativa o velocidad del viento.

Los coeficientes del cultivo o K<sub>c</sub> fueron obtenidos de una recopilación de diferentes fuentes bibliográficas (Tabla 10). Lo mejor es disponer de valores K<sub>c</sub> para cada cultivo, fase fenológica y distintas fechas de siembra, pero en ausencia de esta información se puede usar estos valores orientativos de K<sub>c</sub>.

Tabla 10. Valores de Kc utilizados para el balance hídrico

Cultivo	Etapas fenológicas	Kc
Arveja	Siembra-Emergencia	0,4
	Crecimiento vegetativo	0,4-1,2
	Crecimiento reproductivo	1,2
	Maduración	0,3-0,9
Fríjol	Siembra-Emergencia	0,4
	Crecimiento vegetativo	0,4-1,2
	Crecimiento reproductivo	1,2
	Maduración	0,4-0,8
Maíz	Siembra-Emergencia	0,3
	Crecimiento vegetativo	0,5-0,9
	Crecimiento reproductivo	1,2
	Maduración	0,3-0,7
Papa	Siembra-Emergencia	0,3
	Crecimiento vegetativo	0,4-0,9
	Crecimiento reproductivo	1,2
	Maduración	0,3-0,7

Fuente: FAO (2006a), James (1988), Stewart y Nielsen (1990)

El balance hídrico se realizó para el periodo agrícola donde se desarrollan las distintas fases fenológicas de los cultivos priorizados, siendo de **abril** a **setiembre** para la arveja; de **octubre** a **abril** para el fríjol, maíz amiláceo y papa; y finalmente, de **diciembre** a **abril** para el maíz amarillo duro.

Así mismo, el balance hídrico se evaluó para condiciones promedio, condiciones húmedas y condiciones secas (para una campaña agrícola representativa de la serie histórica); según la información de la estación representativa del área de estudio.

#### 4.4 PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA E IMPACTO EN LOS CULTIVOS

Se recopiló información primaria (encuestas) a fin de conocer que percepción tienen los productores agrarios respecto a la variabilidad climática y sus impactos en los cultivos priorizados del distrito. Así mismo, se obtuvo información relacionada a las medidas de adaptación actuales y aspectos productivos, a fin de validar y complementar la información contenida en el presente estudio.

La información contenida en las encuestas de percepciones de la población fue ordenada, consistenciada y digitalizada en un formato de hoja de cálculo. La base de datos fue analizada con el Software SPSS 17.

El detalle de los lugares donde se realizaron las entrevistas y el total de productores agrarios encuestados se detallan en el Tabla 11.

Tabla 11. Levantamiento de información primaria en el área de estudio

Centro poblado	Método de recolección de la información	Fuente de información	Total de encuestados
Yatún	Taller participativo	Productores	32
Libertad de Naranjito de Camse	Taller participativo	Productores	34
Yacancate	Taller participativo	Productores	12

Fuente: Elaboración propia

Foto 1. Explicación de la metodología para el llenado de las encuestas



Fuente: SENAMHI

Foto 2. Levantamiento de información C.P de Yacancate



Fuente: SENAMHI

Foto 3. Levantamiento de información C.P. Libertad de Naranjito



Fuente: SENAMHI

Foto 4. Levantamiento de información C.P. Yatún



Fuente: SENAMHI

## V. CARACTERIZACIÓN AGRÍCOLA DE LOS CULTIVOS PRIORIZADOS

En este capítulo se describen los requerimientos agroclimáticos, edáficos y de paisaje de cada cultivo priorizado. Así mismo, se analiza el comportamiento fenológico y estacional de las siembras y cosechas de cada cultivo priorizado en el distrito de Cutervo.

### 5.1 REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS, EDÁFICOS Y DE PAISAJE

A continuación se describen las necesidades de clima, suelo y paisaje de los cultivos que fueron priorizados en el análisis del presente estudio.

#### 5.1.1 Arveja

La arveja (*Pisum sativum* L.) es una leguminosa que crece en los más diversos agroecosistemas cultivándose desde la costa durante el invierno y en toda la sierra entre los 2300 msnm a 3500 msnm (Paredes 1982; Medina, 1992; CARE, 2007). Nutricionalmente es una fuente importante de carbohidratos y proteínas que le convierte en un complemento ideal de la alimentación humana; agrícolamente mejora la fertilidad de los suelos, por su capacidad de fijación simbiótica de nitrógeno atmosférico (CARITAS, 2004).

La Tabla 12 resume los requerimientos agroclimáticos, edáficos y de paisaje del cultivo de arveja en la sierra altoandina.

#### Requerimientos climáticos

La planta se comporta adecuadamente en clima templado y templado-frío, con buena adaptación a períodos de bajas temperaturas durante la germinación y primeros estados de la planta, favoreciendo su enraizamiento y macollaje.

Foto 5. Cultivo de arveja en floración



Fuente: SENAMHI

La temperatura óptima en la germinación oscila entre los 14 °C a 22 °C, en el crecimiento entre los 13 °C a 18 °C, en la floración entre los 12 °C a 18 °C y en la maduración entre los 16 °C a 20 °C (Chiappe, 1968; Doorenbos y Kassam, 1979; Ortiz, 1982; Parson, 1987; Santibáñez, 1994; Yuste, 1997).

La planta no crece si la temperatura se presenta por debajo de los umbrales térmicos y las heladas afectan a las plantas tiernas y a las que están floreciendo o en vaina, produciendo granos pequeños. Si las temperaturas son elevadas, la planta crece mal y no hay buen rendimiento.

La precipitación es un elemento muy importante en la emergencia, floración y llenado de vainas. La arveja requiere un régimen de lluvias óptimo entre los 400 mm a 600 mm (Chiappe, 1968; Casseres, 1969; Doorenbos y Kassam, 1979; López, 1990).



En relación al fotoperiodo es una planta indiferente en cuanto a la duración del día (Doorenbos y Kassam, 1979). La arveja requiere condiciones intermedias de humedad atmosférica (Yuste, 1997) y de una iluminación intensa a moderada (FAO, 1994).

### **Requerimientos edáficos**

Aunque se adapta a diferentes tipos de suelo, la arveja requiere terrenos franco-arenosos a franco arcillosos con suelos profundos, sueltos, bien drenados y abundante materia orgánica. No son recomendables suelos muy arcillosos, salinos y encharcados (Doorenbos y Kassam, 1979; Valadez, 1992; FAO, 1994; Dolores, 1996; Gómez, 1996; Yuste, 1997; Perales, 2011; Rojas, 1999; Huamán, 2001). El suelo óptimo debe presentar un pH entre 5,6 a 6,8 (Valadez, 1992; Dolores, 1996; Gómez, 1996; Perales, 2011; Rojas, 1999; Huamán, 2001).

#### **5.1.2 Fríjol**

El fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una leguminosa cuyo grano es una fuente de alimentación proteica para la población de bajos recursos económicos. Las mayores áreas de producción se localizan en los valles interandinos conducidas bajo un sistema de monocultivo o asociado con maíz amiláceo (Espíritu, 1993; Nuñez, 2011).

La adaptabilidad de algunas variedades permite que el cultivo se extienda desde el nivel del mar hasta los 3500 msnm. Las condiciones agroecológicas más favorables se encuentran entre los 2300 msnm a 3200 msnm (Lépiz, 1996; Voysest, 2000 INIEA, 2006).

La Tabla 13 resume los requerimientos agroclimáticos, edáficos y fisiográficos del cultivo de fríjol en la sierra altoandina.

### **Requerimientos climáticos**

El fríjol es una planta de climas templados a fríos moderados. Durante todo su ciclo requiere una temperatura óptima de 15 °C a 22 °C, pudiendo soportar un umbral mínimo de temperatura entre los 8 °C a 14 °C dependiendo de la fase fenológica del cultivo (Goodwing, 1978; Doorenbos y Kassam, 1979; Laing, 1979; Summerfield y Roberts, 1985; Baradas, 1994; Chiappe, 1996; Dapaah et al, 1999; Barrios y López, 2009). Temperaturas nocturnas altas provocan anomalías en la floración, caída de flores, maduración temprana, bajo llenado de vainas, semillas pequeñas y de menor vigor (Sarmiento, 1995).

La precipitación pluvial óptima se encuentra alrededor de los 400 mm a 600 mm (Benacchio, 1982; Del Carpio, 1983; Debouck, 1994). El contenido de agua proveniente de las lluvias debe estar bien distribuida en las diferentes fases fenológicas del cultivo, principalmente durante la floración y fructificación (Chiappe, 1981).

El cultivo requiere de climas con cierto grado de humedad atmosférica, así se estima como una humedad favorable de 50% (Chiappe, 1996). Cuando las condiciones climáticas presentan una alta temperatura y una humedad relativa baja fisiológicamente ocurre caída de flores, principalmente si ocurre en las primeras etapas de la floración con la consiguiente disminución de vainas en la fase fenológica de fructificación (Calolus, 1967; Singh, 1965).

El fríjol es una planta de días cortos; por tanto, la floración se ve favorecida por fotoperiodos inferiores a doce horas con largos períodos de oscuridad (White, 1985; Socorro y Martín, 1998; Singh, 1999; Voysest, 2000).



Tabla 12. Requerimientos agroclimáticos, edáficos y de paisaje del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) en la sierra altoandina

I. Requerimientos Agroclimáticos					Fuentes bibliográficas
1. Requerimientos térmicos	Umbral Mínimo (°C)	Temperatura óptima (°C)		Umbral Máximo (°C)	
		Mínimo	Máximo		
a. Germinación	5	14	22	24	Chiappe, 1968; Casseres, 1969; Trepino y Murray, 1976; Doorenbos y Kassam, 1979; Ortiz, 1982; Parson, 1987; Santibañez, 1994; Yuste, 1997.
b. Crecimiento	5	13	18	27	
c. Floración	7	12	18	25	
c. Maduración	7	16	20	25	
2. Requerimientos hídricos	Umbral Mínimo (mm)	Precipitación óptima (mm)		Umbral Máximo (mm)	Fuentes bibliográficas
		Mínimo	Máximo		
		300	400	600	700
II. Requerimientos Edáficos					Fuentes bibliográficas
1. Propiedades físicas	Clase(s) óptima(s)				
a. Textura	Franco arenoso, Franco, Franco limoso y Franco arcilloso				Doorenbos y Kassam, 1979; Valadez, 1992; FAO, 1994; Dolores, 1996; Gomez, 1996; Yuste, 1997; Perales, 2011; Rojas, 1999; Huaman, 2001.
b. Profundidad efectiva	Moderadamente profundo (50-100 cm) y Profundo (100-150 cm)				Doorenbos y Kassam, 1979; Valadez, 1992; FAO, 1994; Dolores, 1996; Gomez, 1996; Yuste, 1997; Perales, 2011; Rojas, 1999; Huaman, 2001.
c. Drenaje	Bueno				
2. Propiedades químicas	Clase(s) óptima(s)				Fuentes bibliográficas
a. pH	Moderadamente ácido (5,6-6), Ligeramente ácido (6,1-6,5) y Neutro (6,6-7,3)				Valadez, 1992; Dolores, 1996; Gomez, 1996; Perales, 2011; Rojas, 1999; Huaman, 2001.
b. Materia orgánica	Alto (≥4%)				Valadez, 1992; Dolores, 1996; Gomez, 1996; Perales, 2011; Rojas, 1999; Huaman, 2001.
III. Requerimientos de Paisaje					Fuentes bibliográficas
1. Altitud	Rango óptimo (msnm)				
	Mínimo		Máximo		
	2300		3500		Paredes, 1982; Medina, 1992; CARE, 2007.
2. Pendiente	Rango óptimo (%)				Fuentes bibliográficas
	Mínimo		Máximo		
	0		25		Paredes, 1996; Palacios, 1997.

Elaboración: SENAMHI

## Requerimientos edáficos

La planta de frijol se adapta a diferentes tipos de suelos pero prefiere aquellos de textura moderadamente gruesa (franco arenoso), media (franco, franco limoso) y moderadamente fina (franco arcilloso).

Foto 6. Cultivo de frijol en un suelo franco



Fuente: SENAMHI

Los suelos deben ser bien aireados, moderadamente profundos, con una pendiente del terreno menor al 25% y con buen drenaje (Morales, 1979; Ruiz et al, 1999; Chiappe, 1996; INIEA, 2006).

El frijol es un cultivo sensible a la reacción del suelo, prefiriendo los suelos moderadamente y ligeramente ácidos (5,6 a 6,5), así como aquellos que presentan una reacción neutra (6,6 a 7,3) (Coyne, 1966; Morales, 1979; Chiappe, 1981; Thung et al, 1985).

No son recomendables los suelos salitrosos ni muy húmedos porque el cultivo es altamente sensible a estos factores.

La fertilidad del suelo debe estar en un nivel medio a alto para obtener una buena producción (Irañeta y Rodríguez, 1983).

### 5.1.3 Maíz amiláceo y maíz amarillo duro

La Tabla 14 resume los requerimientos agroclimáticos, edáficos y fisiográficos del cultivo de maíz amiláceo y maíz amarillo duro en la sierra altoandina.

#### Maíz amiláceo

El maíz amiláceo (*Zea mays* L. ssp. *amilácea*) es, después de la papa, el principal alimento de los habitantes de la sierra; cultivado por pequeños productores que lo utilizan principalmente para el autoconsumo. Se caracteriza por presentar una gran variabilidad en el color del grano, en la textura, en su composición y en su apariencia.

Este cultivo se siembra entre los 2000 msnm a 3800 msnm; sin embargo, las zonas que presentan una mayor adaptabilidad y superficie agrícola se localizan alrededor de los 2300 msnm a 3500 msnm (Valdivieso y Montoya, 1985; Celis, 1996; Chávez, 2003; MINAG, 2012).

Tabla 13. Requerimientos agroclimáticos, edáficos y de paisaje del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la sierra altoandina

I. Requerimientos Agroclimáticos					Fuentes bibliográficas
1. Requerimientos térmicos	Umbral Mínimo (°C)	Temperatura óptima (°C)		Umbral Máximo (°C)	
		Mínimo	Máximo		
a. Germinación	8	15	20	25	
b. Crecimiento	10	16	22	25	
c. Floración	12	16	20	25	
d. Maduración	12	18	22	25	
2. Requerimientos hídricos	Umbral Mínimo (mm)	Precipitación óptima (mm)		Umbral Máximo (mm)	
		Mínimo	Máximo		
		400	600		
3. Requerimientos de humedad relativa	Humedad relativa óptima (%)				
	Mínimo		Máximo		
	50		70		
4. Requerimientos de fotoperíodo	Fotoperíodo óptimo (horas-luz/día)				
	Mínimo		Máximo		
	10		12		
II. Requerimientos Edáficos					Fuentes bibliográficas
1. Propiedades físicas	Clase(s) óptima(s)				
a. Textura	Franco arenoso, Franco, Franco limoso y Franco arcilloso				
b. Profundidad efectiva	Moderadamente profundo (50-100 cm) y Profundo (100-150 cm)				
c. Drenaje	Bueno				
2. Propiedades químicas	Clase(s) óptima(s)				
a. pH	Moderadamente ácido (5,6-6), Ligeramente ácido (6,1-6,5) y Neutro (6,6-7,3)				
b. Materia orgánica	Alto (≥4%)				
III. Requerimientos Fisiográficos					Fuentes bibliográficas
1. Altitud	Rango óptimo (msnm)				
	Mínimo		Máximo		
	2300		3200		
2. Pendiente	Rango óptimo (%)				
	Mínimo		Máximo		
	0		25		

Elaboración: SENAMHI

## Maíz amarillo duro

El maíz amarillo duro es uno de los cultivos más importantes del país, por su relación con la cadena productiva maíz, avicultura y porcicultura.

Se siembra mayormente en la costa, valles interandinos y la selva, siendo Lambayeque, La Libertad, Áncash, Lima y San Martín los principales departamentos productores de este producto. Este cultivo se siembra desde el nivel del mar hasta los 2300 msnm (DRASAM, 2014; PDRS, 2014).

## Requerimientos climáticos

El maíz amiláceo es una planta de climas templados a fríos moderados. En la etapa de germinación oscilan entre los 10 °C a 30 °C, siendo el rango óptimo entre los 15 °C a 25 °C (Berger, 1967; CIREN, 1989; Manrique, 1997; Lesur, 2005; Ochoa, 2009). En la etapa de crecimiento vegetativo, los umbrales de temperatura se encuentran alrededor de los 7 °C a 30 °C, con un valor óptimo entre los 15 °C a 21 °C (Valdez, 1977; Manrique, 1997; Altet, 2006); mientras que en la etapa de floración, la temperatura óptima oscila entre los 15 °C a 20 °C (Manrique, 1988) con un umbral mínimo de 8 °C y un máximo de 30 °C.

Foto 7. Cultivo de maíz amiláceo en llenado de granos



Fuente: SENAMHI

El maíz amarillo duro durante la etapa de germinación, crecimiento y floración requiere una temperatura óptima entre los 20 °C a 25 °C (Gilmore y Rogers, 1958 y Arnold, 1959 citado en Yzarra, et al, 2009; DRASAM, 2014). Temperaturas superiores a los 30 °C tienden a provocar una inflorescencia masculina más temprana que la femenina. Así mismo, en lugares con temperaturas inferiores a los umbrales mínimos se tendrá mayor período vegetativo (DRASAM, 2014).

La precipitación pluvial óptima, en el maíz amiláceo y el maíz amarillo duro, se encuentra alrededor de los 500 mm a 800 mm, con un umbral mínimo de 200 mm y un máximo de 1000 mm (Berger, 1967; Laffite, 1994; Lesur, 2005, DRASAM, 2014). Las necesidades varían a lo largo del cultivo siendo mayor en las etapas de crecimiento y floración. En la etapa de secado de granos, la cantidad de humedad debe de ser mínima.

El maíz es una de las plantas cultivadas de más alto nivel de respuesta a los efectos de la luz. El maíz requiere de 10 a 14 horas de sol por día (CIREN, 1989; Lesur, 2005). La fase reproductiva resulta la más sensible a diferencias en la intensidad lumínica desde el punto de la producción de grano (DRASAM, 2014).

Tabla 14. Requerimientos agroclimáticos, edáficos y de paisaje del cultivo de maíz amiláceo (*Zea mays* L. spp amilácea) y maíz amarillo duro en la sierra altoandina

I. Requerimientos Agroclimáticos					Fuentes bibliográficas		
1. Requerimientos térmicos		Umbral Mínimo (°C)	Temperatura óptima (°C)			Umbral Máximo (°C)	
			Mínimo	Máximo			
1.1 Maíz amiláceo							
a. Germinación		10	15	25		30	
b. Crecimiento		7	15	21	30		
c. Floración		8	15	20	30		
1.2 Maíz amarillo duro					Gilmore y Rogers, 1958 y Arnold, 1959 citado en Yzarra, 2009; DRASAM, 2014.		
a. Germinación		10	20	25		30	
b. Crecimiento		15	20	25		30	
c. Floración		15	20	25		30	
2. Requerimientos hídricos		Umbral Mínimo (mm)	Precipitación óptima (mm)		Umbral Máximo (mm)	Fuentes bibliográficas	
			Mínimo	Máximo			
2.1 Maíz amiláceo		200	500	700	1000	Berger, 1967; Lesur, 2005.	
2.2 Maíz amarillo duro		200	600	800	1000	Laffite, 1994, DRASAM, 2014	
3. Requerimientos de fotoperíodo		Fotoperíodo óptimo (horas-luz/día)				Fuentes bibliográficas	
		Mínimo		Máximo			
				10	14		CIREN, 1989; Lesur, 2005.
II. Requerimientos Edáficos						Fuentes bibliográficas	
1. Propiedades físicas		Clase(s) óptima(s)					
a. Textura		Franco, Franco arcillo arenoso y Franco arcilloso				Berger, 1967; Valdez, 1977; Puertas, 2002; Lesur, 2005.	
b. Profundidad efectiva		Moderadamente profundo (50-100 cm) y Profundo (100-150 cm)				Valdez, 1977; CIREN, 1989; Manrique, 1997.	
c. Drenaje		Bueno				Berger, 1967; Valdez, 1977; Puertas, 2002; Lesur, 2005.	
2. Propiedades químicas		Clase(s) óptima(s)				Fuentes bibliográficas	
a. pH		Ligeramente ácido (6,1- 6,5), Neutro (6,6-7,3) y Ligeramente alcalino (7,4-7,8)				Berger, 1967; Valdez, 1977; CIREN, 1989; Manrique, 1997; Lesur, 2005.	
b. Materia orgánica		Alto (≥4%)				Berger, 1967; CIREN, 1989.	
III. Requerimientos Fisiográficos						Fuentes bibliográficas	
1. Altitud		Rango óptimo (msnm)					
		Mínimo	Máximo				
1.1 Maíz amiláceo		2300		3800			Martínez, 1994; Celis, 1996; Aquino, 2003; Chávez, 2003.
1.2 Maíz amarillo duro		0		2300			DRASAM, 2014; INIA, 2014.
2. Pendiente		Rango óptimo (%)				Fuentes bibliográficas	
		Mínimo	Máximo				
				0		15	

Elaboración: SENAMHI



## Requerimientos edáficos

Las plantas de maíz se adaptan a distintos tipos de suelos, sin embargo se desarrolla mejor en suelos que presentan una textura media (franco, franco arcilloso arenoso, franco arcilloso), bien drenados y aireados (Berger, 1967; Valdez, 1977; Lesur, 2005).

Las raíces de las plantas de maíz pueden llegar a más de 200 cm de profundidad. Por lo tanto, la profundidad media del suelo debe ser en lo posible moderadamente profundo o profundo (Valdez, 1977; CIREN, 1989; Manrique, 1997; Puertas, 2002). La pendiente del terreno donde crece el maíz no debe ser superior al 25% (Salinas, 2010).

El maíz puede desarrollarse entre un rango de pH de 5,5 a 8. Sin embargo, los suelos óptimos para el cultivo son los que presentan entre 6,1 a 7,8 de pH (Valdez, 1977; Manrique, 1997). La cantidad de materia orgánica en el suelo debe ser alto (Berger, 1967).

### 5.1.4 Papa mejorada

La papa (*Solanum tuberosum* L.) constituye la base de la alimentación y seguridad alimentaria del poblador de la sierra, y su cultivo le genera al productor andino más ingresos económicos que cualquier otro cultivo.

El cultivo crece desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm. En la sierra, las mayores áreas de producción se localizan entre los 2300 msnm a 3800 msnm (López et al, 1980; Alcalde et al, 1990; Egúsqiza, 2000; Ochoa, 2001; Tapia y Fries, 2007).

La Tabla 15 resume los requerimientos agroclimáticos, edáficos y de paisaje del cultivo de papa mejorada o moderna en la sierra altoandina.

## Requerimientos climáticos

Es una planta de clima templado frío. La temperatura es una de las principales variables climáticas estrechamente involucradas con los procesos fisiológicos de la planta de papa.

La etapa de emergencia del cultivo requiere una temperatura entre los 5 °C a 30 °C, con un valor óptimo entre los 17 °C a 25 °C (Borah y Milthorpe, 1959; Midmore, 1988; Loayza, 1993; Cepeda y Gallegos, 2003). Temperaturas menores a 15 °C afectan la velocidad de crecimiento de los brotes y la emergencia de los tallos (Cortbaoui, 1988). En la etapa de crecimiento vegetativo, la planta requiere un rango térmico de 6 °C a 30 °C (Cepeda y Gallegos, 2003), con un valor óptimo entre los 15 °C a 25 °C (López et al, 1980; Midmore, 1988; Loayza, 1993; Cepeda y Gallegos, 2003; Mendoza, 2007).

La tuberización es la etapa más importante de la papa porque está directamente relacionada con la translocación de los fotosintatos hacia los tubérculos. Los umbrales de temperatura varían entre los 6 °C a 28 °C, con un valor óptimo entre los 14 °C a 20 °C (Christiansen, 1967; López et al, 1980; Ezeta, 1986; Huerta, 1987; Egúsqiza, 2000; Cepeda y Gallegos, 2003). Temperaturas mayores a 28 °C inhiben la tuberización y si se mantiene constante durante todo el tiempo de tuberización es posible que no haya formación de tubérculos y los estolones crezcan en forma engrosada (Christiansen, 1967). Las condiciones más favorables para la tuberización y el crecimiento del tubérculo en las plantas son días cortos y temperaturas nocturnas bajas (14 °C a 16 °C) (Van Dam et al, 1996).



Tabla 15. Requerimientos agroclimáticos, edáficos y de paisaje del cultivo de papa mejorada o moderna (*Solanum tuberosum* L.) en la sierra altoandina

I. Requerimientos Agroclimáticos					Fuentes bibliográficas
1. Requerimientos térmicos	Umbral Mínimo (°C)	Temperatura óptima (°C)		Umbral Máximo (°C)	
		Mínimo	Máximo		
a. Germinación	5	17	25	30	
b. Crecimiento	6	15	25	30	
c. Tuberización	6	14	20	28	
2. Requerimientos hídricos	Umbral Mínimo (mm)	Precipitación óptima (mm)		Umbral Máximo (mm)	Fuentes bibliográficas
		Mínimo	Máximo		
		200	400	800	1200
3. Requerimientos de humedad relativa	Humedad relativa óptima (%)				Fuentes bibliográficas
	Mínimo		Máximo		
		60		80	
4. Requerimientos de fotoperíodo	Fotoperíodo óptimo (horas-luz/día)				Fuentes bibliográficas
	Mínimo		Máximo		
		10		12	
II. Requerimientos Edáficos					Fuentes bibliográficas
1. Propiedades físicas	Clase(s) óptima(s)				
a. Textura	Franco arenoso, Franco y Franco limoso				Christiansen, 1967; Huerta, 1987; Molina et al, 2004; Mendoza, 2007.
b. Profundidad efectiva	Moderadamente profundo (50-100 cm) y Profundo (100-150 cm)				Christiansen, 1967; Montaldo, 1984; Egúsquiza, 2000; Cepeda y Gallegos, 2003; Mendoza, 2007.
c. Drenaje	Bueno				
2. Propiedades químicas	Clase(s) óptima(s)				Fuentes bibliográficas
a. pH	Moderadamente ácido (5,6-6) y Ligeramente ácido (6,1-6,5)				Christiansen, 1967; Montaldo, 1984; Cepeda y Gallegos, 2003; MISTI, 2001; Rojo, 2006.
b. Materia orgánica	Alto (≥4%)				López at al., 1980; Misti, 2001; Molina et al, 2004; Mendoza, 2007.
III. Requerimientos Fisiográficos					Fuentes bibliográficas
1. Altitud	Rango óptimo (msnm)				
	Mínimo		Máximo		
	2300		3800		
2. Pendiente	Rango óptimo (%)				Fuentes bibliográficas
	Mínimo		Máximo		
		0		25	

Elaboración: SENAMHI

Foto 8. Cultivo de papa mejorada en floración



Fuente: SENAMHI

La precipitación pluvial óptima requerida por la planta es alrededor de los 400 mm a 800 mm, la cual debe ser distribuida en todo el ciclo vegetativo del cultivo (Christiansen, 1967; López et al, 1980; Ekanayake, 1994; Cepeda y Gallegos, 2003). La cantidad y repartición de las lluvias, durante y después de la floración determinan el número, peso y cantidad de materia seca en los tubérculos desarrollados (López et al, 1980).

La humedad relativa favorable para el cultivo debe estar entre el 60% al 80% (López et al, 1980; Mendoza, 2007). Humedad relativa superior al 80% genera condiciones óptimas para la aparición de enfermedades foliares como la racha, alternaria, entre otros.

La papa es una planta de día corto. La exposición del follaje a días cortos inducen la tuberización; las plantas muestran una formación más temprana del tubérculo y los estolones son cortos. En exposición a días largos, las plantas inducen la floración y formación de ramas laterales y la restricción en la tuberización es mucho más tardía.

Por consiguiente, el brillo solar requerido por la planta se encuentra alrededor de 10 a 12 horas de sol por día (Egúsquiza, 2000; Mendoza, 2007).

### Requerimientos edáficos

La planta se desarrolla adecuadamente en suelos de moderadamente gruesa (franco arenoso) y media (franco, franco limoso) a para que se asegure un mejor desarrollo radicular en el momento de la emergencia y para que haya una buena formación de estolones que al final determinan los rendimientos (Christiansen, 1967; Huerta, 1987; Molina et al, 2004; Mendoza, 2007).

Los suelos deben ser moderadamente profundos y profundos, bien drenados y de buena estructura que permitan asegurar un buen crecimiento de las raíces y los estolones (Christiansen, 1967; Montaldo, 1984; Egúsquiza, 2000; Cepeda y Gallegos, 2003; Mendoza, 2007). La pendiente del terreno no debe de exceder el 25% (Salinas, 2010; Torres, 2011). El rango de pH varía entre 4,5 a 8,5, siendo el óptimo de 5,5 a 6,5 (Christiansen, 1967; Montaldo, 1984; Cepeda y Gallegos, 2003; MISTI, 2001). El contenido de materia orgánica en el suelo debe ser alto (López et al, 1980; MISTI, 2001; Rojo, 2006; Mendoza, 2007).

#### 5.1.5 Papa nativa dulce

La papa nativa se distribuye entre los 2300 msnm a 4200 msnm en pisos ecológicos donde la fuerte radiación solar y los suelos orgánicos brindan condiciones naturales especiales para su cultivo (CIP, 2008). La papa nativa dulce produce mejor entre los 3000 msnm a 4200 msnm y la papa nativa amarga entre los 3800 msnm a 4200 msnm (Alcalde et al, 1990; Huanco, 1991; Egúsquiza, 2000;

Tapia y Fries, 2007; Gómez et al, 2008; Sedano, 2008). En el Perú existen 3500 variedades donde el 75% corresponden a papas nativas (dulces y amargas) y el 25% a papas blancas. En el grupo de papas nativas dulces se encuentran variedades procedentes de las especies: *Solanum tuberosum* sp indígena, *S. goniocalix*, *S. stenotomun*, *S. phureja* y *S. chaucha* (Egúsqiza, 2000; Ochoa, 2001).

La Tabla 16 resume los requerimientos agroclimáticos, edáficos y de paisaje del cultivo de papa nativa dulce en la sierra altoandina.

### Requerimientos climáticos

La papa nativa dulce requiere un umbral de temperatura entre los 4 °C a 20 °C, con un requerimiento térmico óptimo entre los 8 °C a 16 °C (Salinas, 2010; Torres, 2011). La precipitación óptima del cultivo oscila entre los 400 mm a 1200 mm, con un valor óptimo entre los 600 mm a 1000 mm (Arbizu y Tapia, 1992; Salinas, 2010).

Foto 9. Cultivo de papa mejorada en laderas altoandinas



Fuente: SENAMHI

La papa nativa dulce es considerada una planta de día corto. Por consiguiente, el brillo solar requerido es mayor y se encuentra alrededor de 10 a 16 horas de sol por día (Amorós, 1979; López et al., 1980).

### Requerimientos edáficos

La papa nativa dulce se cultiva en terrenos que presentan un sistema de producción rotacional preferentemente en zonas de ladera y terrenos descansados de textura franco arenoso, franco limoso y franco arcilloso (Canahua, 1998; Llacsá, 2008; Salinas, 2010).

Prefiere suelos profundos, de buen drenaje y no muy ácidos (López et al, 1980; Cepeda y Gallegos, 2003; Llacsá, 2008; Salinas, 2010).

El contenido de materia orgánica debe ser alto (Alcalde et al, 1990; Arbizu y Tapia, 1992; Llacsá, 2008).

## 5.2 FENOLOGIA

El comportamiento fenológico, la ocurrencia y duración promedio de las fases fenológicas de los cultivos priorizados se detallan a continuación:

### 5.2.1 Arveja

El crecimiento vegetativo comprende desde la siembra de la semilla hasta la aparición del botón floral. Este estadio presenta la sucesión de dos etapas fenológicas: siembra-emergencia y emergencia- botón floral (Figura 16).

Tabla 16. Requerimientos agroclimáticos, edáficos y de paisaje del cultivo de papa nativa dulce (*Solanum andigena*, *Solanum ajanhuiri*, *Solanum stenotomun*, *Solanum phureja* y *Solanum chaucha*) en la sierra altoandina

I. Requerimientos Agroclimáticos					Fuentes bibliográficas
1. Requerimientos térmicos	Umbral Mínimo (°C)	Temperatura óptima (°C)		Umbral Máximo (°C)	
		Mínimo	Máximo		
a. Papa nativa dulce	4	8	16	20	Salinas, 2010; Torres, 2011.
b. Papa nativa amarga	4	6	14	20	Arbizu y Tapia, 1992; Salinas, 2010.
2. Requerimientos hídricos	Umbral Mínimo (mm)	Precipitación óptima (mm)		Umbral Máximo (mm)	Fuentes bibliográficas
		Mínimo	Máximo		
a. Papa nativa (dulce y amarga)	400	600	1000	1200	Arbizu y Tapia, 1992, Salinas, 2010.
3. Requerimientos de fotoperíodo	Fotoperíodo óptimo (horas-luz/día)				Fuentes bibliográficas
	Mínimo		Máximo		
		10		16	
II. Requerimientos Edáficos					Fuentes bibliográficas
1. Propiedades físicas	Clase(s) óptima(s)				
a. Textura	Franco arcilloso, Franco arcillo imoso				Canahua, 1998; Llacsá, 2008; Salinas, 2010.
b. Drenaje	Bueno				Llacsá, 2008; Salinas, 2010.
2. Propiedades químicas	Clase(s) óptima(s)				Fuentes bibliográficas
a. pH	Fuertemente ácido (5,1-5,5), Moderadamente ácido (5,6- 6) y Ligeramente ácido (6,1-6,5)				Cepeda y Gallegos, 2003; Salinas, 2010.
b. Profundidad efectiva	Moderadamente profundo (50-100 cm) y Profundo (100-150 cm)				López et al, 1980; Salinas, 2010.
c. Materia orgánica	Alto (≥4%)				Alcalde et al, 1990; Arbizu y Tapia, 1992; Llacsá, 2008.
III. Requerimientos Fisiográficos					Fuentes bibliográficas
1. Altitud	Rango óptimo (msnm)				
	Mínimo		Máximo		
a. Papa nativa dulce	3000		4200		Alcalde et al, 1990; Huanco, 1991; Egúsqüiza, 2000; Tapia y Fries, 2007; Gómez et al, 2008; Sedano, 2008.
b. Papa nativa amarga	3800		4200		
2. Pendiente	Rango óptimo (%)				Fuentes bibliográficas
	Mínimo		Máximo		
		25		50	









Elaboración: SENAMHI

La primera etapa vegetativa se caracteriza porque ocurre la inhibición de la semilla, la emergencia de la raíz embrional y el crecimiento del brote hacia la superficie del suelo; ocurre entre los 5 a 15 días después de la siembra. En la segunda etapa vegetativa sucede el alargamiento de entrenudos de los tallos seguido del desplegamiento y desarrollo de las hojas; se presenta entre los 15 a 30 días después de la siembra.

El crecimiento reproductivo comprende desde la aparición del botón floral hasta la floración. Durante esta etapa, los botones florales ubicados en los tallos se hacen visibles fuera de las hojas; ocurre entre los 65 a 90 días después de la siembra. Seguidamente, los botones florales se abren e inician el proceso de polinización y fecundación de las flores; sucede entre los 80 a 115 días después de la siembra.

La maduración comprende desde la floración hasta la senescencia de la planta. Después de la floración las vainas alcanzan la longitud típica de la variedad; se presenta entre los 85 a 125 días después de la siembra. Seguidamente, se inicia el proceso de llenado de vainas hasta que finalmente, éstos adquieren una consistencia dura (madurez de cosecha) y el follaje de la planta empieza a amarillarse y secarse. La cosecha de la arveja para grano seco ocurre entre los 145 a 195 días después de la siembra.

Figura 16. Fenología del cultivo de arveja en el distrito de Cutervo

Período fenológico	Crecimiento vegetativo			Crecimiento reproductivo		Maduración		
	Germinación	Emergencia	Desarrollo de las hojas	Botón floral	Floración	Formación de fruto	Maduración	Senescencia
Estadios de crecimiento de la planta								
Parte aérea	Germinación	Emergencia	Desarrollo de las hojas	Botón floral	Floración	Formación de fruto	Maduración	Senescencia
Parte radicular	Desarrollo y crecimiento de raíces							
Descripción de la fase fenológica	La semilla se inhibe y ocurre la emergencia de la radícula. Luego sale el brote fuera de la semilla y crece hacia la superficie del suelo.	El brote crece y sale a través de la superficie del suelo.	Las hojas se despliegan y desarrollan. Asimismo, los entrenudos empiezan a alargarse.	En la parte superior del tallo, se hacen visibles los primeros botones florales en las plantas.	Las flores se abren hasta alcanzar la plena floración en las plantas. La floración decae cuando los pétalos se secan y caen.	Las vainas alcanzan la longitud típica de la variedad siendo mayormente de una tonalidad verde.	Las vainas están llenas y las semillas adquieren el color típico de la variedad. Presentan una consistencia seca y dura.	Las plantas empiezan a amarillarse y secarse. Los granos de las vainas se encuentran en su madurez de cosecha.
Ocurrencia de la fase fenológica (dds)		5 - 15	15 - 30	65 - 90	80 - 115	85 - 125		145 - 195

Fuente: Feller et al (1995); SENAMHI (2014)

### 5.2.2 Fríjol

El crecimiento vegetativo comprende desde la siembra de la semilla hasta la aparición del botón floral. Este estadio presenta la sucesión de tres etapas fenológicas: siembra-emergencia, emergencia-hojas primarias y hojas primarias-botón floral (Figura 17).

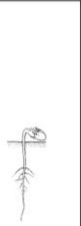










En la primera etapa vegetativa ocurre la inhibición de la semilla, emergencia de la radícula y el crecimiento del hipocótilo (con cotiledones) culminando cuando los cotiledones rompen la superficie del suelo; entre los 5 a 10 días después de la siembra. En la segunda etapa vegetativa, las hojas primarias comienzan a desplegarse concluyendo cuando la primera hoja trifoliada se encuentra totalmente desplegada; sucede entre los 10 a 20 días después de la siembra. En la tercera etapa vegetativa ocurre el crecimiento de las hojas verdaderas y la formación de los brotes laterales hasta la aparición del botón floral; se presenta entre los 55 a 75 días después de la siembra. En variedades de crecimiento determinado se aprecia botones florales y en variedades de crecimiento indeterminado se observa racimos florales.

El crecimiento reproductivo comprende desde el botón floral hasta la floración. Durante esta etapa, el botón floral ubicado en la rama se diferencia para dar origen a la floración; ocurre entre los 65 a 95 días después de la siembra. El fríjol es una leguminosa que puede presentar o no floraciones escalonadas (dependiendo de la variedad y las condiciones climáticas de la zona) donde la duración entre el inicio y fin oscila entre los 10 días.

La maduración comprende desde la floración hasta la senescencia de la planta. Esta etapa se caracteriza porque después de la floración se inicia la formación de las vainas; sucede entre los 70 a 110 días después de la siembra. Seguidamente ocurre el proceso de llenado de vainas hasta que finalmente, éstos adquieren una consistencia dura (madurez de cosecha) y el follaje de la planta empieza a amarillarse y secarse. La cosecha del fríjol para grano seco ocurre entre los 140 a 180 días después de la siembra.

Figura 17. Fenología del cultivo de fríjol en el distrito de Cutervo

Período fenológico	Crecimiento vegetativo			Crecimiento reproductivo			Maduración		
Estadios de crecimiento de la planta									
Parte aérea	Emergencia	Hojas primarias	Botón floral	Inicio de floración	Fin de floración	Inicio de formación de vainas	Fin de formación de vainas	Llenado y Maduración de las vainas	Senescencia
Parte radicular	Desarrollo y crecimiento de raíces								
Descripción de la fase fenológica	El hipocótilo con cotiledones crecen hacia la superficie del suelo hasta emerger.	Cotiledones desplegados totalmente. Las hojas primarias se crecen y se desarrollan. Se aprecia la primera hoja trifoliada desplegada.	Primeros botones florales visibles fuera de las hojas pero cerrados todavía. Puede presentar un botón o racimo floral según el hábito de crecimiento de la variedad.	Se abren las primeras flores. En variedades de crecimiento determinado la floración empieza en el último nudo. En variedades de crecimiento indeterminado la floración se desde la parte: baja del tallo.	Se observa un periodo de pleno y máxima floración. Apreciándose la mayoría de pétalos en las flores abiertas.	Culminada la polinización de las flores, los pétalos se secan y caen dando inicio al proceso de llenado de las vainas.	Se inicia la acumulación de reservas en las vainas hasta que finalmente alcanzan el tamaño típico de la variedad. Internamente, en los granos se realiza la síntesis de almidón hasta que finalmente éstos se encuentran casi secos.	La planta y las vainas se encuentran totalmente secas. Los granos de las vainas se encuentran en madurez de cosecha.	
Ocurrencia de la fase fenológica (dds)	5 - 10	10 - 20	55 - 75	65 - 85	75 - 95	70 - 95	85 - 110		140 - 180

Fuente: Feller et al (1995); SENAMHI (2014)



### 5.2.3 Maíz

El crecimiento vegetativo comprende desde la siembra de la semilla hasta la aparición del botón floral. Este estadio presenta la sucesión de tres etapas fenológicas muy importantes en el crecimiento de la planta: siembra-emergencia, emergencia-desarrollo de hojas y desarrollo de hojas-panoja (Figura 18).

La primera etapa vegetativa se caracteriza porque se inicia la inhibición de la semilla, el crecimiento del coleóptilo y la radícula culminando cuando éste atraviesa la superficie del suelo; ocurre entre los 10 a 15 días después de la siembra en el maíz amiláceo y 5 a 10 días después de la siembra en el maíz amarillo duro. En la segunda etapa vegetativa sucede el crecimiento longitudinal del tallo principal y el desplegamiento de las hojas en toda la planta; se presenta entre los 20 a 30 días después de la siembra en el maíz amiláceo y 15 a 25 días después de la siembra en el maíz amarillo duro. En la tercera etapa vegetativa se aprecia que el tallo principal ha culminado su crecimiento longitudinal notándose en la parte apical la aparición del órgano floral (panoja); ocurre entre los 110 a 130 días después de la siembra en el maíz amiláceo y 65 a 90 días después de la siembra en el maíz amarillo duro.

El crecimiento reproductivo comprende desde la aparición del órgano floral (panoja) hasta la floración (espiga). Este estadio se caracteriza porque comienza la emergencia de la panoja sobre el tallo principal, emergencia de los estigmas en la mazorca, polinización y fecundación. En promedio sucede entre los 125 a 150 días después de la siembra en el maíz amiláceo y 80 a 110 días después de la siembra en el maíz amarillo duro.

La maduración comprende desde la floración hasta la senescencia de la planta. Este estadio presenta la sucesión de tres etapas fenológicas: floración-maduración lechosa, maduración lechosa-maduración pastosa y maduración pastosa-maduración córnea.





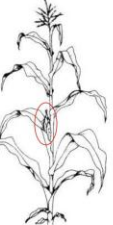

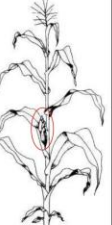
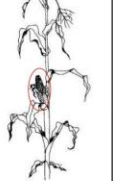
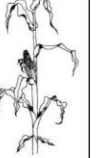
En la primera etapa de maduración comienza la acumulación de materia seca en los granos notándose que durante este proceso los mismos presentan una coloración blanco amarillenta; se presenta entre los 160 a 195 días después de la siembra en el maíz amiláceo y 100 a 130 días después de la siembra en el maíz amarillo duro. En la segunda etapa de maduración se inicia el cambio de consistencia de los granos notándose que los mismos adquieren un aspecto blando y tienen una coloración amarillenta a amarilla (según la variedad); ocurre entre los 180 a 225 días después de la siembra en el maíz amiláceo y 120 a 160 días después de la siembra en el maíz amarillo duro. En la tercera etapa de maduración ocurre el endurecimiento de los granos notándose además que los mismos tienen un aspecto brillante y empiezan a mostrar puntos o rayas negras (madurez comercial o de mercado).

La cosecha del maíz amiláceo ocurre entre los 230 a 280 días después de la siembra y en el maíz amarillo duro ocurre entre los 170 a 210 días después de la siembra.

### 5.2.4 Papa

El crecimiento vegetativo comprende desde la siembra del tubérculo-semilla hasta la aparición de los primeros botones florales. Este estadio presenta la sucesión de tres etapas fenológicas muy importantes en el crecimiento de la planta: siembra-emergencia, emergencia-brotes laterales y brotes laterales-botones florales (Figura 19).

Figura 18. Fenología del cultivo de maíz en el distrito de Cutervo

Período fenológico	Crecimiento vegetativo				Crecimiento reproductivo		Maduración		
Estadios de crecimiento de la planta									
Parte aérea	Germinación	Emergencia	Desarrollo de hojas	Panajamiento	Espigamiento	Maduración lechosa	Maduración pastosa	Maduración cornéa	Senescencia
Parte radicular	Brotamiento de raíces	Desarrollo y crecimiento de raíces							
Descripción de la fase fenológica	Inhibición de la semilla. Emergencia de radícula y coleótilo. Este último emerge hacia la superficie del suelo.	El coleótilo atraviesa la superficie del suelo.	Las hojas del tallo principal empiezan a desarrollarse y desplegarse. Ocurre alargamiento del tallo principal apretándose los nudos de la caña.	Comienza la salida y crecimiento de la inflorescencia masculina (penacho) del tallo principal.	Emergencia de los estigmas por las puntas de la mazorca. Se aprecia los estambres en los penachos. Inicia la polinización de los estigmas.	Comienza el desarrollo y acumulación de materia seca en los granos. Los granos presentan una coloración blanco-amarillento.	Los granos presentan una consistencia blanda y tienen una coloración amarillento a amarillo (según la variedad).	Los granos presentan una consistencia dura y son brillantes. En la base de los granos empieza a notarse puntas o rayas negras (madurez fisiológica).	La planta está totalmente muerta, los tallos se quiebran. Las mazorcas se encuentran en su madurez de cosecha.
Ocurrencia de la fase fenológica (dds)									
- Maíz amiláceo		10 - 15	20 - 30	110 - 130	125 - 150	160 - 195	180 - 225		230 - 280
- Maíz amarillo duro		5 - 10	15 - 25	65 - 90	80 - 110	100 - 130	120 - 160		170 - 210

Fuente: Weber y Bleiholder (1990); Lancashire et al (1991); SENAMHI (2014)








En la primera etapa vegetativa se inicia la elongación de los brotes provenientes del tubérculo-semilla concluyendo cuando los tallos emergen sobre la superficie del suelo; ocurre entre los 15 a 20 días después de la siembra en variedades precoces, 20 a 25 días después de la siembra en variedades semitardías y 25 a 30 días después de la siembra en papas tardías. En la segunda etapa vegetativa ocurre el crecimiento de las hojas y raíces de los tallos hasta el inicio de la formación de los brotes laterales; sucede entre los 10 a 15 días después de la siembra en variedades precoces, 15 a 20 días después de la siembra en variedades semitardías y 20 a 25 días después de la siembra en papas tardías. En la tercera etapa vegetativa comienza el crecimiento longitudinal de los brotes principales hasta la aparición de los primeros botones florales; se presenta a los 35 días después de la siembra en variedades precoces, 40 a 45 días después de la siembra en variedades semitardías y 50 días después de la siembra en papas tardías. Es importante mencionar que durante esta etapa ocurre la emisión y el crecimiento de los estolones, así como, el inicio de la formación de los tubérculos.

El crecimiento reproductivo comprende desde la aparición de los primeros botones florales hasta la floración en las inflorescencias. Este estadio se caracteriza porque se inicia la diferenciación de los botones florales, apertura y fecundación de las flores en las inflorescencias y el llenado de los tubérculos. En promedio sucede entre los 40 a 45 días después de la siembra en variedades precoces, 25 a 30 días después de la siembra en variedades semitardías y 20 a 25 días después de la siembra en papas tardías.

La maduración comprende desde la floración hasta la senescencia de la planta. En esta etapa los tubérculos alcanzaron su máximo tamaño y se inicia la síntesis de almidón culminando el proceso cuando la cáscara se encuentra adherida al tubérculo (madurez fisiológica). La cosecha de papa ocurre entre los 100 a 120 días después de la siembra en variedades precoces, entre los 130 a 160

días después de la siembra en variedades semitardías y entre los 180 a 200 días después de la siembra en variedades tardías.

Figura 19. Fenología del cultivo de papa en el distrito de Cutervo

Período fenológico	Crecimiento vegetativo			Crecimiento reproductivo		Maduración	
Estadios de crecimiento de la planta							
Parte aérea	Brotamiento	Emergencia	Brotes laterales	Botón floral	Floración	Maduración de bayas	Senescencia
Parte radicular	Formación de raíces y tallos	Desarrollo y crecimiento de raíces		Emisión y crecimiento de estolones	Crecimiento y llenado de estolones	Maduración de tubérculos	
Descripción de la fase fenológica	Los brotes del tubérculo semilla empiezan a formar raíces y tallos. Estos últimos emergen hacia la superficie del suelo.	Las hojas del tallo principal comienzan a alargarse y desplegarse sobre la superficie del suelo.	El tallo principal empieza a ramificarse. Las nuevas ramas empiezan a crecer longitudinalmente hasta cubrir todo el campo de cultivo.	Aparecen los botones florales de la primera inflorescencia visible del tallo principal.	Ocurre la apertura de las primeras flores.	En la parte subterránea, el crecimiento de los tubérculos se torna lento. La piel o cáscara empieza a endurecerse.	Ocurre el amarillamiento de las hojas y tallos. Los tubérculos se encuentran en su madurez de cosecha.
Ocurrencia de la fase fenológica (dds)							
- Variedad precoz		15 - 20	25 - 35	60 - 70	80 - 95		100 - 120
- Variedad semitardía		20 - 25	35 - 45	75 - 90	100 - 120		130 - 160
- Variedad tardía		25 - 30	45 - 55	95 - 105	135 - 150		180 - 200

Fuente: Hack et al (1993); SENAMHI (2014)

### 5.3 CALENDARIO HISTÓRICO DE LAS SIEMBRAS Y COSECHAS

El calendario y estacionalidad histórica de las siembras y cosechas de los cultivos priorizados se detallan a continuación:

#### 5.3.1 Arveja

El cultivo de arveja para grano seco se siembra principalmente de marzo a junio siendo más frecuente esta labor en abril y mayo. Sin embargo, el calendario histórico muestra que el cultivo también se ha sembrado en algunas campañas agrícolas de noviembre a marzo (áreas bajo secano). Las cosechas se realizan de setiembre a diciembre siendo más recurrente esta actividad de setiembre a noviembre. Sólo en la campaña agrícola 2000-01 se ha realizado una cosecha adelantada (agosto) debido a las siembras tempranas de enero o febrero (Figura 20).

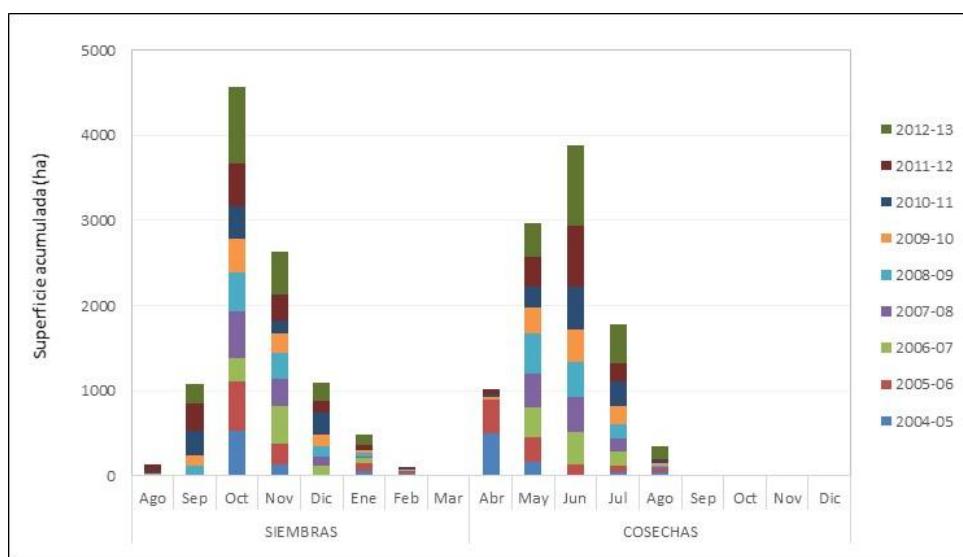
El acumulado histórico de las campañas agrícolas indica que se han sembrado 24 589 ha de arveja para grano seco, correspondiendo sólo a abril 13 014,5 ha. En total se han cosechado 23 689 ha, concentrándose mayormente esta actividad en octubre (10 779 ha) (Figura 21).

Figura 20. Calendario histórico de las siembras y cosechas del cultivo de arveja en el distrito de Cutervo

Campaña agrícola	SIEMBRAS												COSECHAS				
	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1999-00																	
2000-01																	
2001-02																	
2002-03																	
2003-04																	
2004-05																	
2005-06																	
2006-07																	
2007-08																	
2008-09																	
2009-10																	
2010-11																	
2011-12																	
2012-13																	

Fuente: DRA-Cajamarca (2014). Elaboración propia

Figura 21. Estacionalidad histórica de las siembras y cosechas del cultivo de arveja en el distrito de Cutervo



Fuente: DRA-Cajamarca (2014). Elaboración propia

### 5.3.2 Fríjol

El cultivo de fríjol para grano seco se siembra principalmente en la campaña grande, entre agosto a febrero, siendo más frecuente esta labor de setiembre a diciembre. Las siembras efectuadas al inicio del calendario agrícola (agosto a setiembre) corresponden a áreas agrícolas conducidas bajo riego. Las cosechas comienzan mayormente en abril y culminan en agosto con una mayor recurrencia de mayo a julio. Sólo en la campaña agrícola 2009-10, la labor de cosecha fue tardía y se realizó en setiembre (Figura 22).

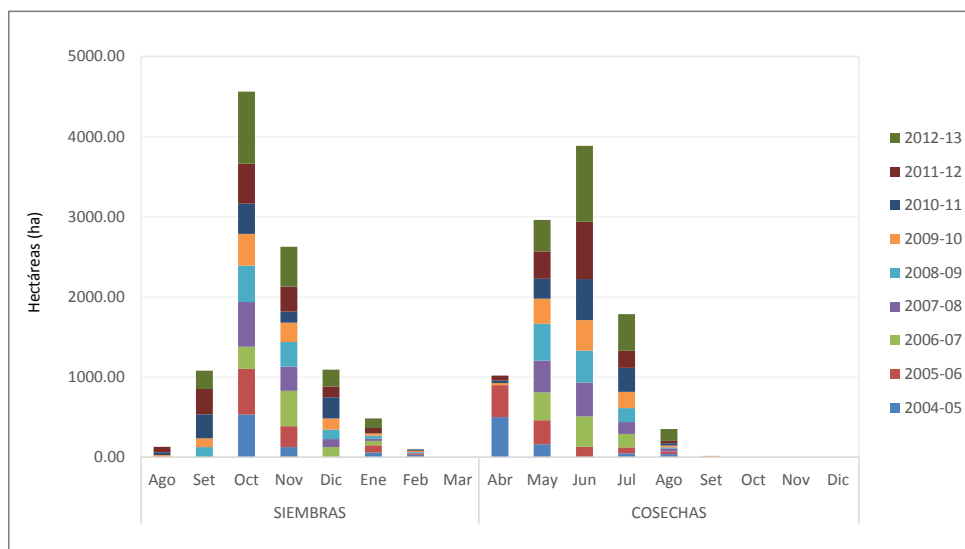
El acumulado histórico de las campañas agrícolas indica que se han sembrado 10 076 ha de frijol para grano seco, correspondiendo sólo a octubre 4564 ha. En total se han cosechado 10 026 ha, siendo mayor esta actividad en mayo y junio (2963 ha y 3888 ha respectivamente) (Figura 23).

Figura 22. Calendario histórico de las siembras y cosechas del cultivo de frijol en el distrito de Cutervo

Campaña agrícola	SIEMBRAS																
						COSECHAS											
	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2004-05																	
2005-06																	
2006-07																	
2007-08																	
2008-09																	
2009-10																	
2010-11																	
2011-12																	
2012-13																	

Fuente: DRA-Cajamarca (2014). Elaboración propia

Figura 23. Estacionalidad histórica de las siembras y cosechas del cultivo de frijol en el distrito de Cutervo



Fuente: DRA-Cajamarca (2014). Elaboración propia

### 5.3.3 Maíz amiláceo

El cultivo de maíz amiláceo se siembra mayormente en la campaña grande, entre setiembre a diciembre siendo más frecuente esta labor de octubre a diciembre. Las siembras ejecutadas al inicio de la campaña agrícola (agosto y setiembre) corresponden a terrenos que cuentan con un sistema de riego permanente. Las cosechas se inician en abril y finalizan en agosto siendo más recurrente esta

actividad entre mayo a julio. Sólo en las campañas agrícolas 2003-04 y 2006-07, las labores de cosecha se iniciaron en abril (Figura 24).

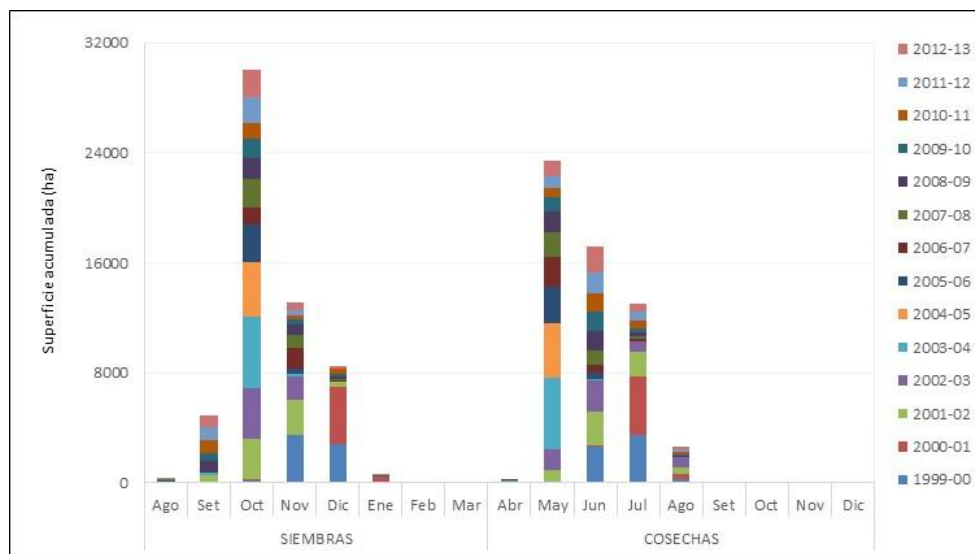
El promedio histórico de las campañas agrícolas del cultivo indica que se han sembrado 57 366 ha correspondiendo sólo al mes de octubre 30 077 ha. En total se han cosechado 56 333 ha concentrándose mayormente esta actividad en mayo y junio (23 394 ha y 17 162 ha respectivamente) (Figura 25).

Figura 24. Calendario histórico de las siembras y cosechas del cultivo de maíz amiláceo en el distrito de Cutervo

Campaña agrícola	SIEMBRAS																
						COSECHAS											
	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1999-00																	
2000-01																	
2001-02																	
2002-03																	
2003-04																	
2004-05																	
2005-06																	
2006-07																	
2007-08																	
2008-09																	
2009-10																	
2010-11																	
2011-12																	
2012-13																	

Fuente: DRA-Cajamarca (2014). Elaboración propia

Figura 25. Estacionalidad histórica de las siembras y cosechas del cultivo de maíz amiláceo en el distrito de Cutervo



Fuente: DRA-Cajamarca (2014). Elaboración propia



### 5.3.4 Maíz amarillo duro

El cultivo de maíz amarillo duro se siembra principalmente en la campaña grande, entre octubre a febrero, siendo más frecuente esta labor de noviembre a enero. Las cosechas se inician en febrero y culminan en agosto siendo más recurrente esta actividad de abril a agosto. Entre las campañas agrícolas 2008-09 al 2012-13, las labores de cosecha se iniciaron en febrero (Figura 26).

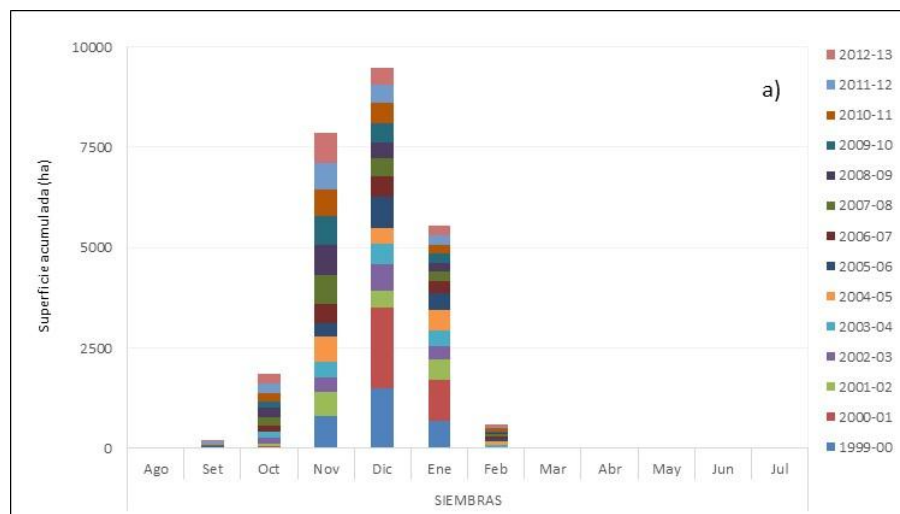
El promedio histórico de las campañas agrícolas del cultivo indica que se han sembrado 25 590 ha correspondiendo sólo a los meses de noviembre y diciembre (7864 ha y 9462 ha respectivamente) (Figura 27a). En total se han cosechado 25 585 ha concentrándose mayormente esta actividad en mayo y junio (6098 ha y 7698 ha respectivamente) (Figura 27b).

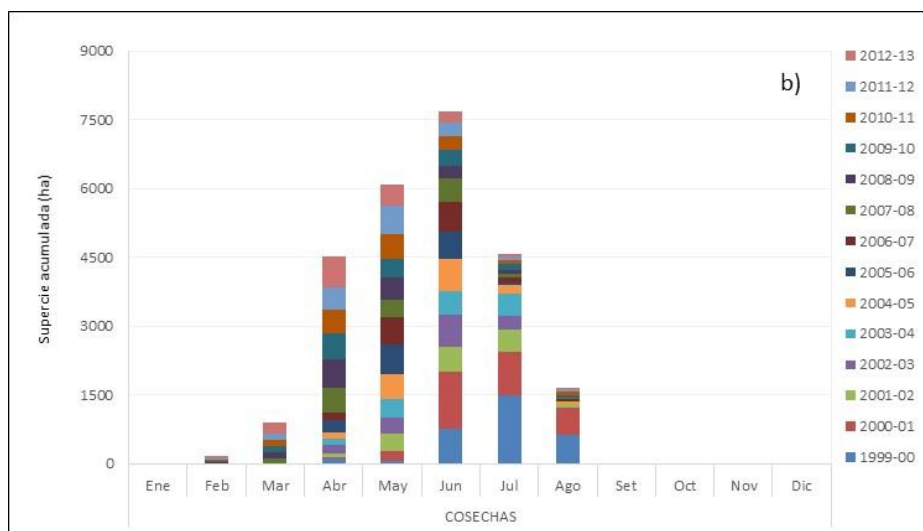
Figura 26. Calendario histórico de las siembras y cosechas del cultivo de maíz amarillo duro en el distrito de Cutervo

Campaña agrícola	SIEMBRAS																	
						COSECHAS												
	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1999-00																		
2000-01																		
2001-02																		
2002-03																		
2003-04																		
2004-05																		
2005-06																		
2006-07																		
2007-08																		
2008-09																		
2009-10																		
2010-11																		
2011-12																		
2012-13																		

Fuente: DRA-Cajamarca (2014). Elaboración propia

Figura 27. Estacionalidad histórica de las siembras (a) y cosechas (b) del cultivo de maíz amarillo duro en el distrito de Cutervo





Fuente: DRA-Cajamarca (2014). Elaboración propia

### 5.3.5 Papa

El cultivo de papa se siembra tanto en campaña grande (meses de agosto a marzo) como en campaña chica (meses de abril a julio), en áreas agrícolas bajo riego y secano localizadas en el valle interandino y en zonas de ladera de pendiente moderada. El calendario histórico muestra que las cosechas se inician en el mes de enero y culminan en el mes de diciembre (Figura 28).

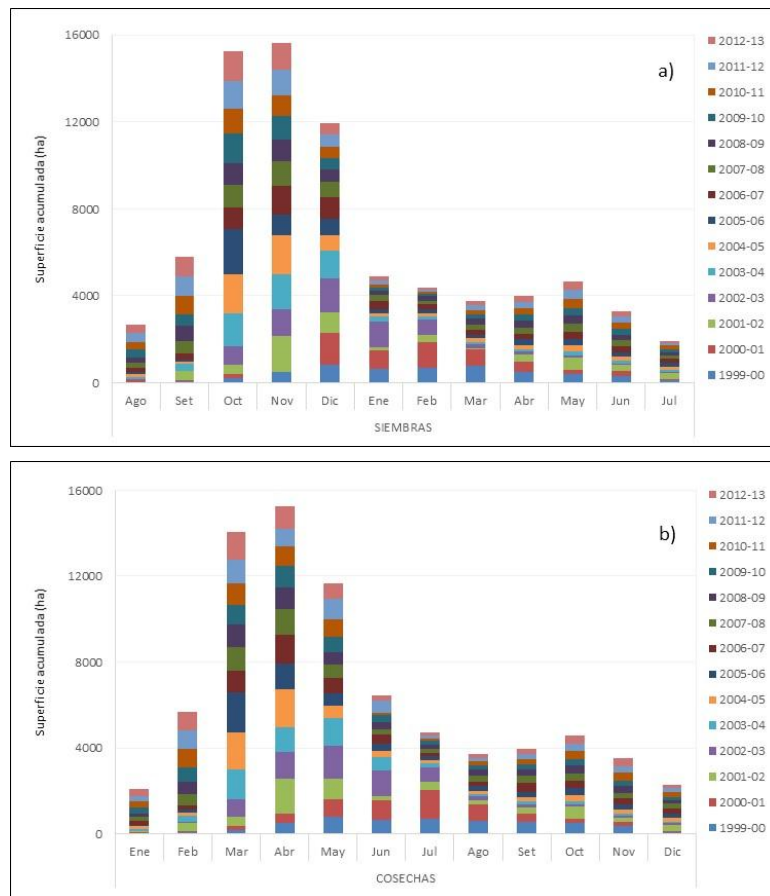
El promedio histórico de las campañas agrícolas del cultivo indica que se han sembrado 78 243 ha correspondiendo a los meses de octubre y noviembre (15 230 ha y 15 617 ha respectivamente) (Figura 29a). En total se han cosechado 77 973 ha concentrándose mayormente esta actividad en los meses de marzo y abril (14 035 ha y 15 275 ha respectivamente) (Figura 29b).

Figura 28. Calendario histórico de las siembras y cosechas del cultivo de papa en el distrito de Cutervo

Campaña agrícola	SIEMBRAS																			
						COSECHAS														
	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC			
1999-00																				
2000-01																				
2001-02																				
2002-03																				
2003-04																				
2004-05																				
2005-06																				
2006-07																				
2007-08																				
2008-09																				
2009-10																				
2010-11																				
2011-12																				
2012-13																				

Fuente: DRA-Cajamarca (2014). Elaboración propia

Figura 29. Estacionalidad histórica de las siembras (a) y cosechas (b) del cultivo de papa en el distrito de Cutervo



Fuente: DRA-Cajamarca (2014). Elaboración propia

## VI. COMPORTAMIENTO Y EVALUACIÓN DEL CLIMA DURANTE LA CAMPAÑA AGRÍCOLA

La presente sección analiza las variaciones del clima (a nivel temporal y espacial) durante el crecimiento y desarrollo de los cultivos priorizados, incidiendo principalmente en el análisis de la temperatura del aire, la precipitación, la evapotranspiración referencial o potencial, la humedad relativa y el viento como parámetros de mayor influencia en la productividad agrícola.

### 6.1 TEMPERATURA DEL AIRE

La configuración del relieve del área de estudio condiciona el comportamiento de la temperatura del aire. Las diferencias altitudinales propician la existencia de variados escenarios térmicos, de fuertes contrastes entre las partes altas y bajas del distrito.

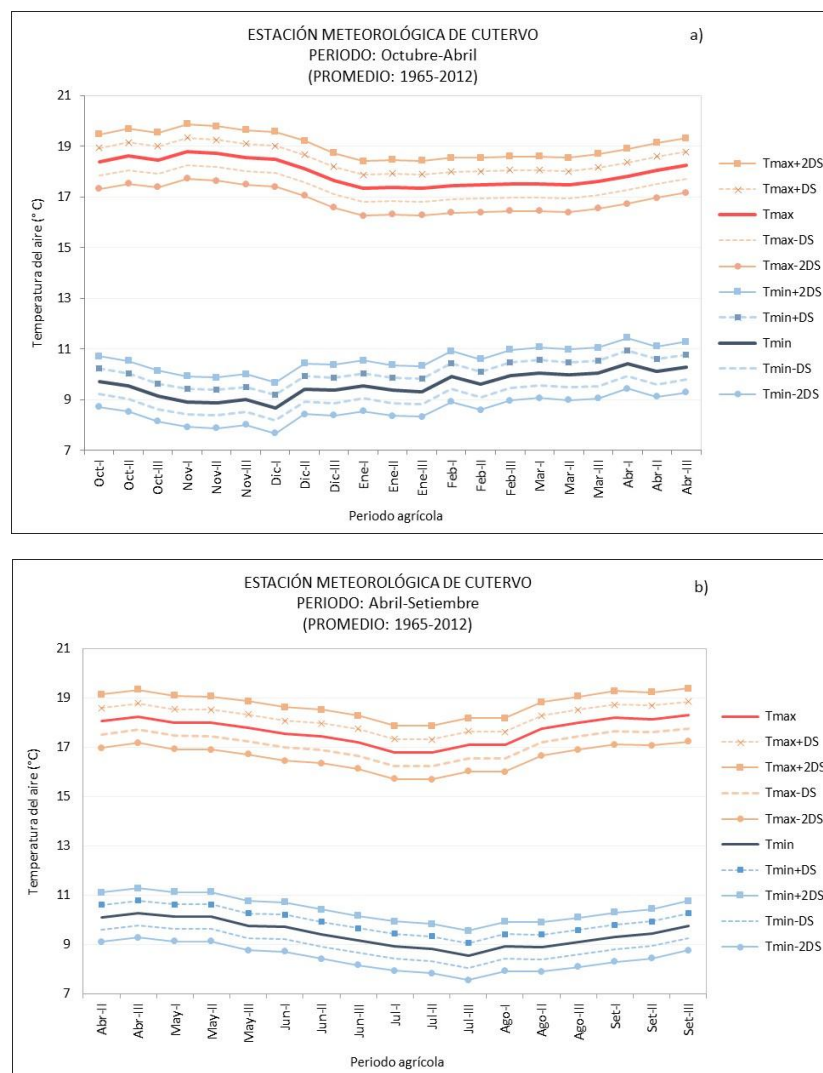
#### 6.1.1 Distribución temporal

Las Figuras 30a y 30b muestran el comportamiento promedio de la temperatura máxima y mínima en la estación de Cutervo, con sus respectivas desviaciones estándar, durante el periodo agrícola de los cultivos priorizados.

En el periodo agrícola **octubre a abril**, la temperatura máxima promedio registra valores de 17,3 °C a 18,8 °C y mínima promedio de 8,7 °C a 10,4 °C (Figura 30a). En general, los valores máximos se encuentran entre las temperaturas óptimas que requieren los cultivos priorizados favoreciendo el desarrollo de las diferentes fases fenológicas del fríjol, maíz amiláceo, maíz amarillo duro y papa. Sin embargo, las desviaciones en las temperaturas mínimas a valores inferiores a 10 °C podrían afectar los procesos fisiológicos (fotosíntesis, respiración, entre otros) del maíz amarillo duro (Figura 30a).

En el período agrícola **abril a setiembre**, la temperatura máxima promedio oscila de 16,8 °C a 18,3 °C y la mínima promedio de 8,6 °C a 10,4 °C (Figura 30b). Esto indica que los valores máximos y mínimos se encuentran en el rango adecuado que requiere el cultivo de arveja para favorecer el desarrollo de las hojas, la floración y la formación de las vainas y los granos (Figura 30b).

Figura 30. Comportamiento temporal de las temperaturas máximas y mínimas en la estación de Cutervo, durante los periodos agrícolas octubre a abril y abril a setiembre



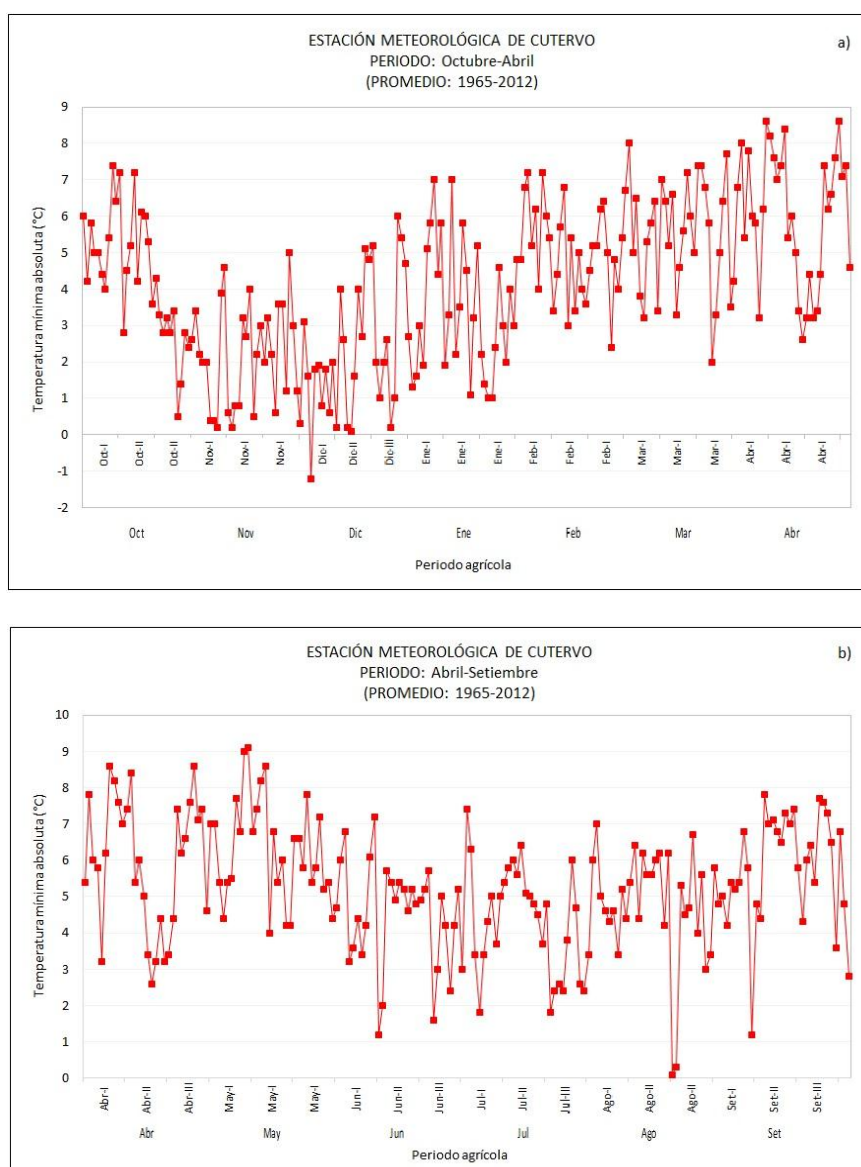
Fuente: Datos históricos de temperatura del aire del SENAMHI. Elaboración propia

## Temperatura mínima absoluta

Las Figuras 31a y 31b muestran el comportamiento de la temperatura mínima absoluta durante el periodo agrícola de los cultivos priorizados.

En general, las temperaturas mínimas absolutas presentados en ambos periodos agrícolas (**octubre a abril** y **abril a setiembre**) muestran registros de valores por debajo del umbral mínimo que requiere los cultivos priorizados. La ocurrencia de estas bajas temperaturas trae consigo efectos perjudiciales sobre las distintas fases fenológicas y procesos fisiológicos de las plantas, principalmente durante el crecimiento vegetativo del frijol, maíz amiláceo, maíz amarillo duro y papa (noviembre a diciembre); así como durante la maduración de la arveja (agosto).

Figura 31. Comportamiento temporal de la temperatura mínima absoluta en la estación de Cutervo, durante los periodos agrícolas octubre a abril y abril a setiembre



Fuente: Datos históricos de temperatura mínima del aire del SENAMHI. Elaboración propia



## 6.1.2 Distribución espacial

### 6.1.2.1 Temperatura media del aire

#### 6.1.2.1.1 A nivel estacional

Los Mapas 4 al 7 muestran la distribución espacial de la temperatura media del aire, en el área de estudio, en las estaciones de verano, otoño, invierno y primavera. En promedio durante el año, la temperatura media del aire en el distrito de Cutervo varía entre los 8 °C a 24 °C, predominando las temperaturas medias entre los 12 °C a 16 °C.

Los valores más bajos de temperatura media (8 °C a 12 °C) se presentan a altitudes superiores a los 2800 msnm, ubicados en la zona central, sureste y noreste del distrito y ocupando mayor área en la estación de invierno.

Los mayores valores de temperatura media se ubican en las partes más bajas y con mayor extensión en la estación de primavera, entre los 20 °C a 24 °C en el límite oeste y a altitudes inferiores a los 1500 msnm y entre los 16 °C a 20 °C al oeste y en algunos valles hasta los 2200 msnm.

#### 6.1.2.1.2 A nivel del periodo agrícola

Los Mapas 8 y 9 muestran la distribución espacial de la temperatura media del aire, en el área de estudio, para los periodos agrícolas (octubre a abril y abril a setiembre) donde se producen los cultivos priorizados.

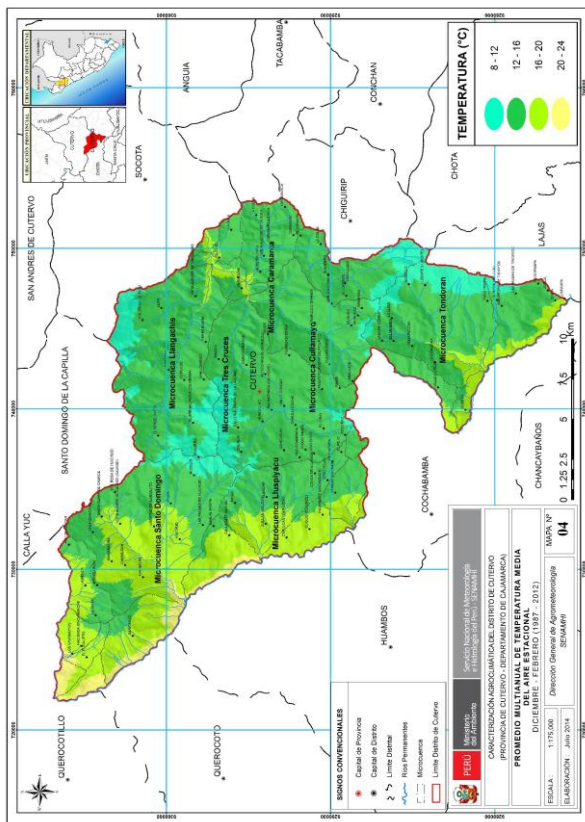
En el período agrícola **octubre a abril**, la temperatura media del aire varía entre los 10 °C a 24 °C. Los menores valores de 10 °C a 12 °C se observan sobre los 3000 msnm en el centro, noreste y sureste del distrito. Valores de 12 °C a 18 °C se aprecian en mayor extensión en el distrito, incrementándose hacia el oeste de las microcuencas de Santo Domingo y Lluspiyacu, con temperaturas medias entre los 18 °C a 20 °C y de 20 °C a 24 °C más al oeste y por debajo de los 1500 msnm (Mapa 8).

Las áreas agrícolas que presentan temperaturas medias alrededor de los 12 °C a 20 °C presentan las mejores condiciones térmicas para el crecimiento de los cultivos de frijol, maíz amiláceo, maíz amarillo duro y papa, porque estos valores fluctúan alrededor de la temperatura óptima que requieren estos cultivos. Las zonas agrícolas, ubicadas al noreste (microcuenca de Llangachis) y sureste (microcuenca de Tondoran) del distrito, que presentan temperaturas medias entre los 10 °C a 12 °C pueden retrasar el crecimiento vegetativo y reproductivo de los cultivos.

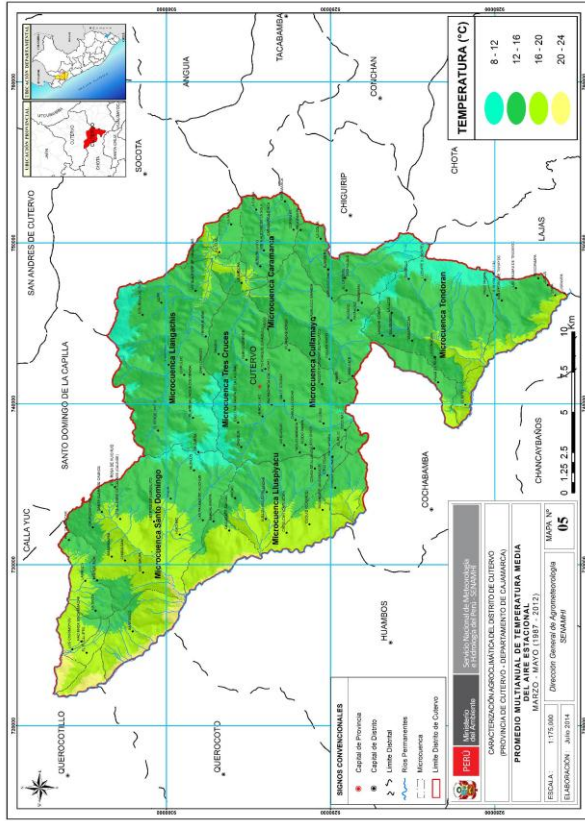
En el período agrícola **abril a setiembre**, la distribución espacial de la temperatura media del aire es similar al periodo de **octubre a abril**, con temperatura media entre los 10 °C a 24 °C, excepto en la zona central de la microcuenca Tres Cruces, a la altura del Valle Conday, donde la temperatura media es menor (12 °C a 14 °C) (Mapa 9).

El cultivo de arveja encuentra condiciones dentro de su rango óptimo (12 °C a 20 °C) que requiere para desarrollar sus fases fenológicas de crecimiento y elongación de hojas, aparición y apertura del botón floral, floración y formación del fruto.

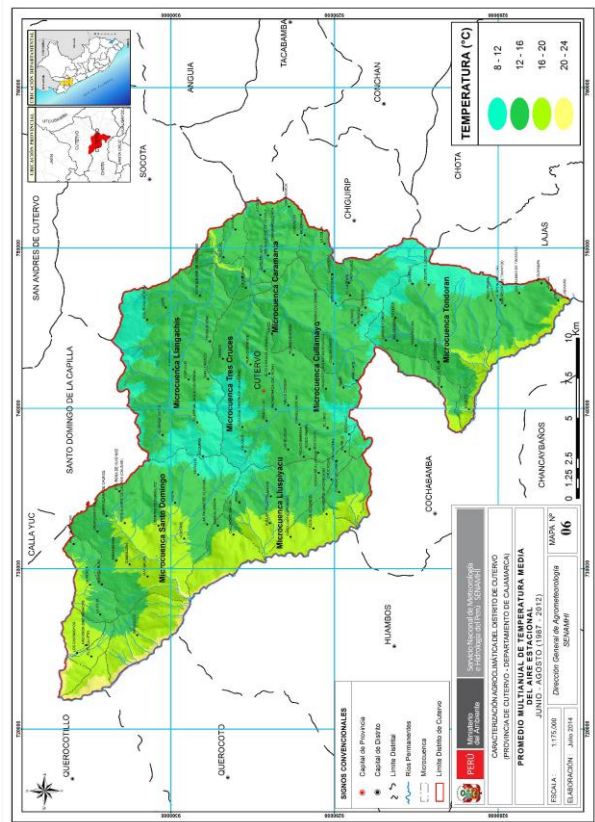
Mapa 4. Estación de verano



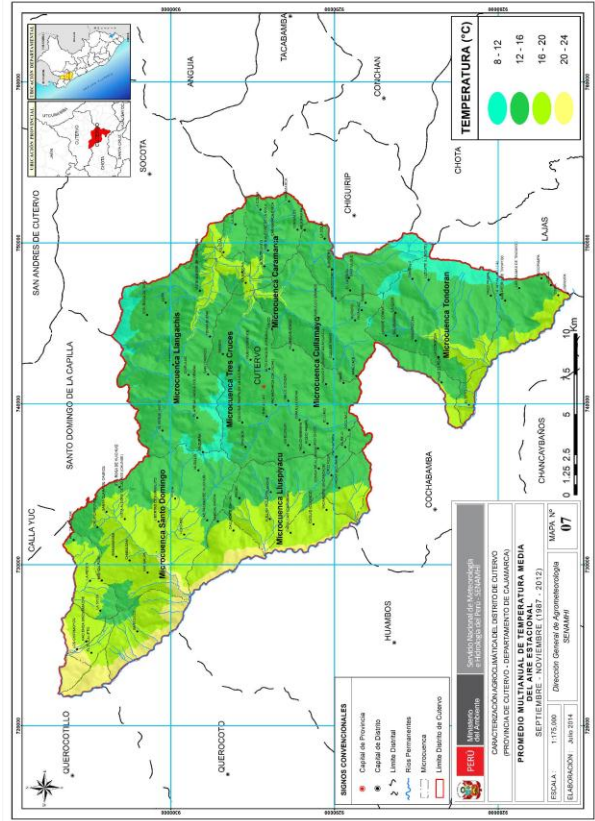
Mapa 5. Estación de otoño



Mapa 6. Estación de invierno

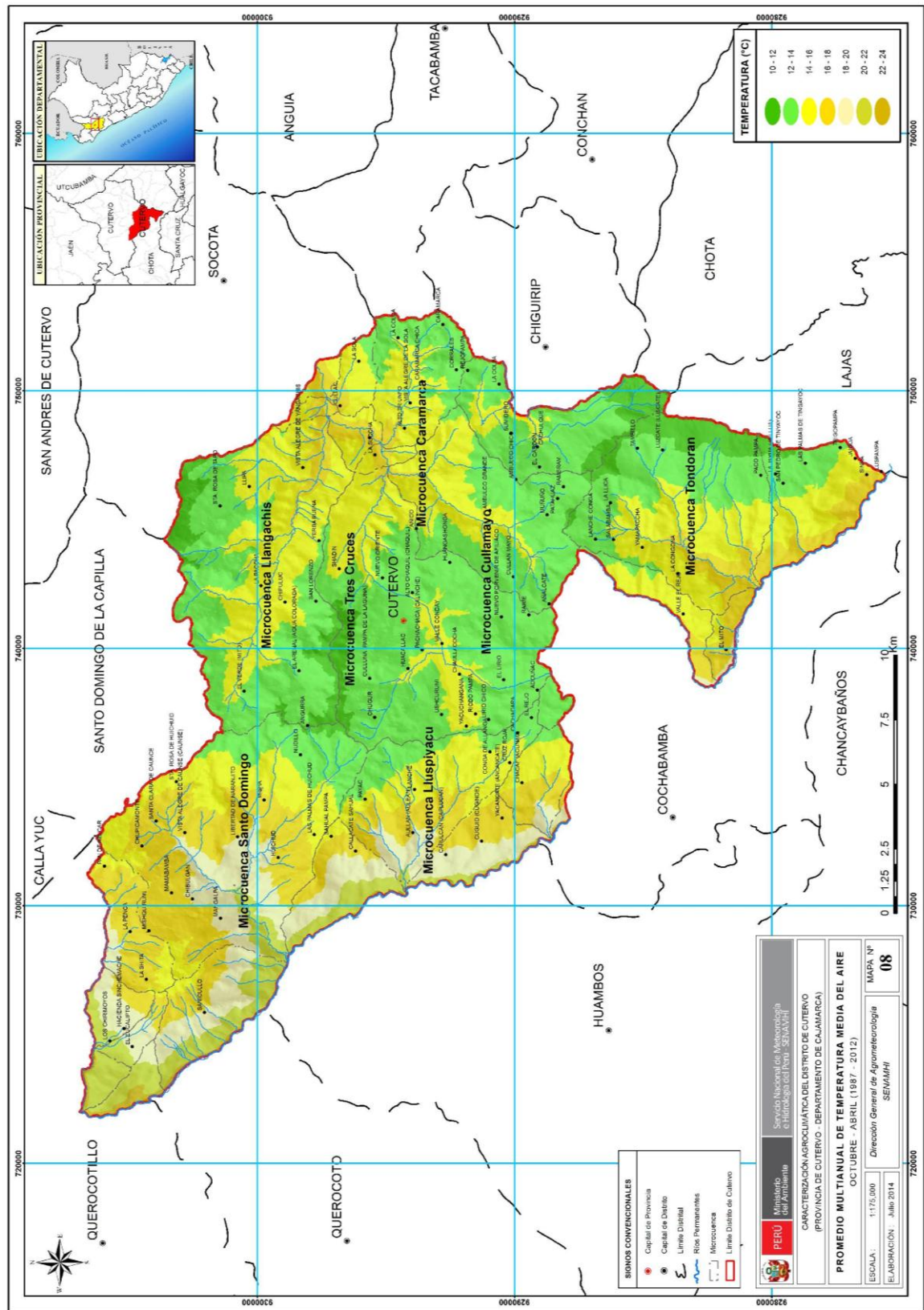


Mapa 7. Estación de primavera



Distribución espacial de la temperatura media del aire en las estaciones de verano (Mapa 4), otoño (Mapa 5), invierno (Mapa 6) y primavera (Mapa 7)

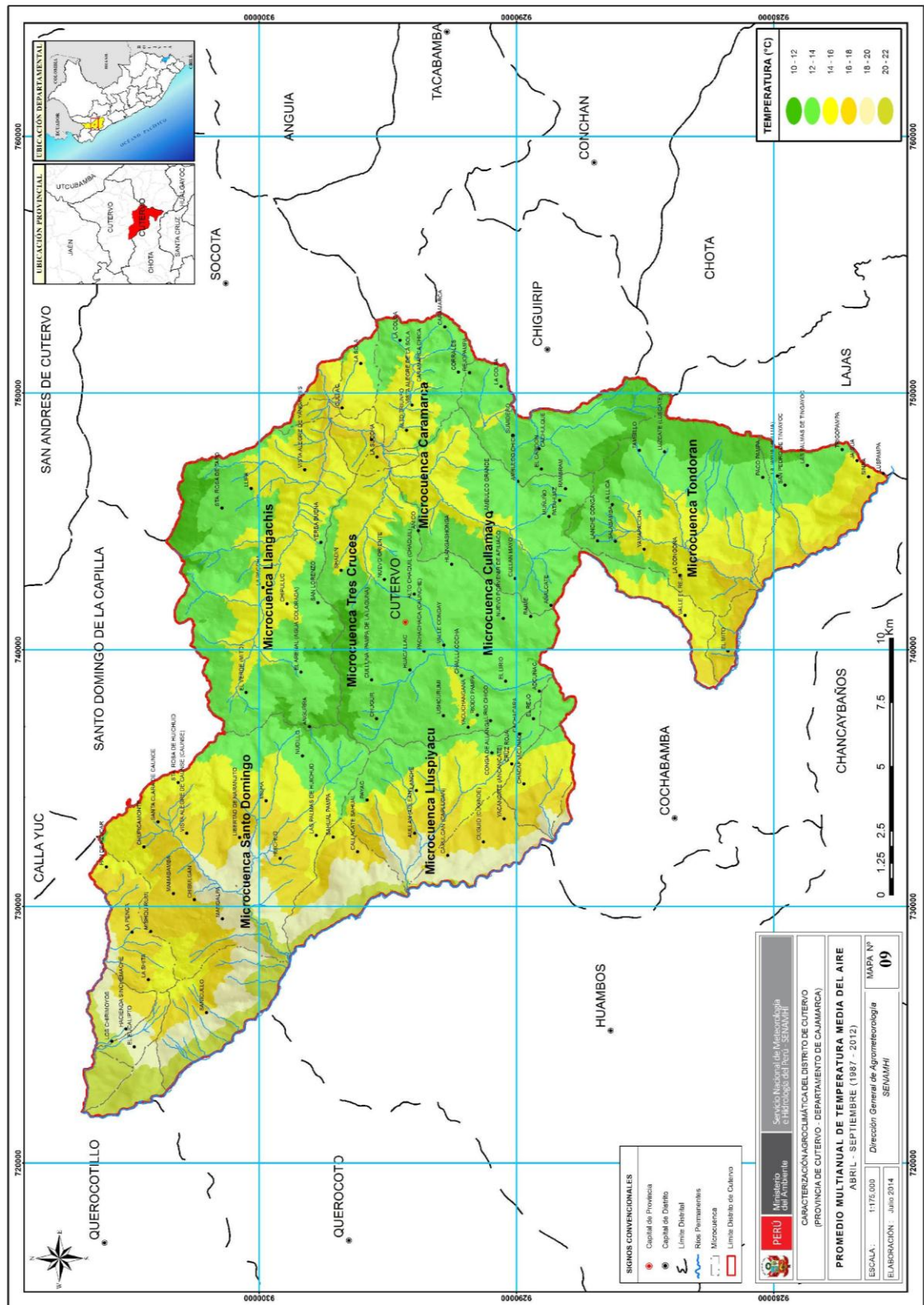
Mapa 8. Distribución espacial de la temperatura media del aire en el distrito de Cutervo (Periodo agrícola: Octubre-Abril)



Fuente: Elaboración propia



Mapa 9. Distribución espacial de la temperatura media del aire en el distrito de Cutervo (Periodo agrícola: Abril-Setiembre)



Fuente: Elaboración propia

### 6.1.2.2 Temperatura máxima del aire

#### 6.1.2.2.1 A nivel estacional

Los Mapas 10 al 13 muestran la distribución espacial de la temperatura máxima del aire, en el área de estudio, en las estaciones de verano, otoño, invierno y primavera. La temperatura máxima del aire en el distrito de Cutervo en promedio durante el año varía entre los 12 °C a 32 °C, predominando las temperaturas máximas entre los 16 °C a 24 °C.

Las mayores temperaturas máximas se registran al lado oeste del distrito durante todo el año, en las partes más bajas y ocupando mayor área en la estación de primavera por ser una estación de transición y registrar menor cobertura nubosa. Al oeste de las microcuencas de Santo Domingo y Lluspiyacu se presentan temperaturas máximas entre los 24 °C a 28 °C y temperaturas superiores a 28 °C en el extremo oeste, por debajo de los 1500 msnm.

En la zona central, noreste y sureste del distrito las temperaturas máximas disminuyen, presentando valores entre los 12 °C a 16 °C, ocupando mayor área en el invierno y descendiendo entre los 9 °C a 12 °C en el extremo noreste (altitudes superiores a los 3000 msnm).

#### 6.1.2.2.2 A nivel del periodo agrícola

Los Mapas 14 y 15 muestran la distribución espacial de la temperatura máxima del aire, en el área de estudio, para los periodos agrícolas (octubre a abril y abril a setiembre) donde se producen los cultivos priorizados.

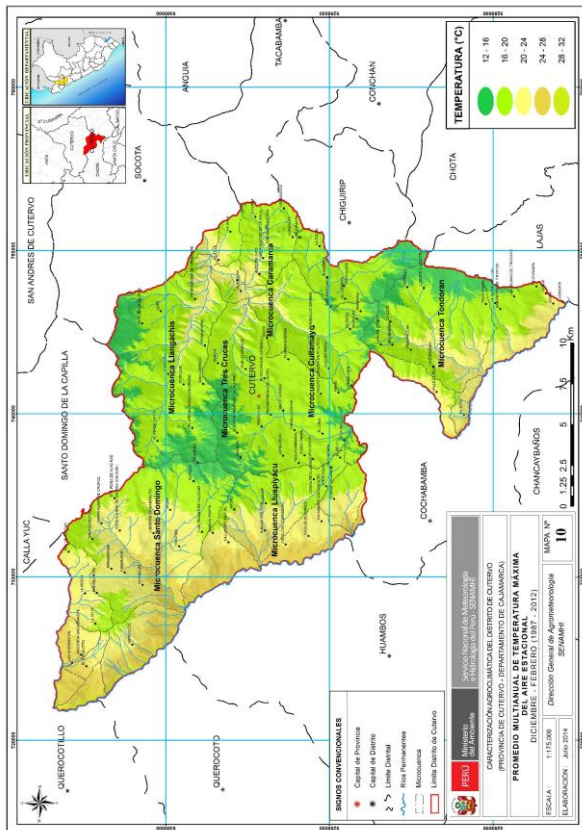
En el período agrícola **octubre a abril**, la temperatura máxima del aire en el distrito varía entre los 12 °C a 30 °C. Los valores más bajos de temperatura máxima (12 °C a 18 °C) se observan en altitudes superiores a los 2800 msnm en el centro, noreste y sureste del distrito; en tanto que valores intermedios de 18 °C a 22 °C se aprecian en gran parte del distrito. Los mayores valores de temperatura máxima se presentan al oeste (22 °C a 26 °C), alrededores de los caseríos Los Chirimoyos, Hacienda Sinchemache y El Eucalipto e incrementando a temperaturas máximas superiores a 26 °C a altitudes inferiores a los 1500 msnm (Mapa 14).

En general, las áreas agrícolas presentan buenas condiciones térmicas para la producción de frijol, maíz amiláceo, maíz amarillo duro y papa porque los valores de temperatura máxima se encuentran alrededor del rango óptimo de los cultivos. En tanto que los cultivos que se producen en zonas donde las temperaturas máximas superan los 24 °C incrementan su proceso de respiración y evapotranspiración. Por ello, las prácticas de riego son un factor muy importante para asegurar su producción.

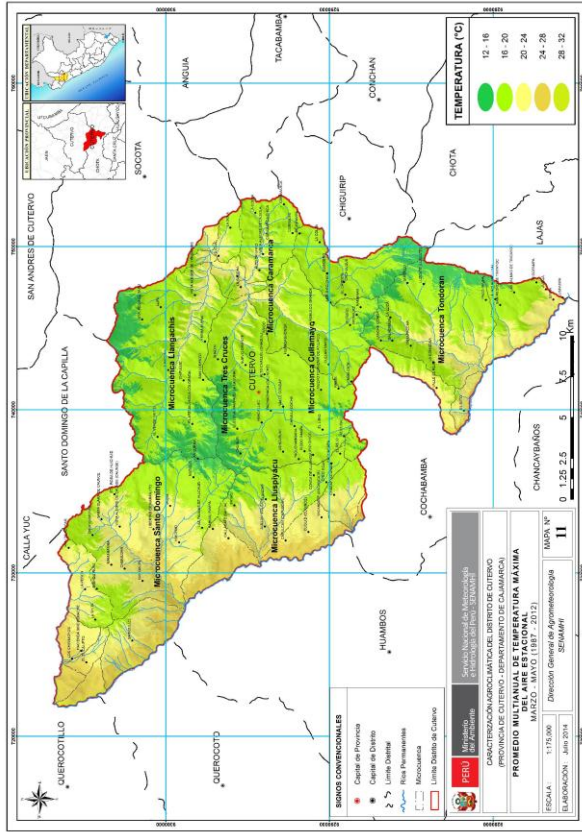
En el período agrícola **abril a setiembre**, la temperatura máxima del aire es similar al período **octubre a abril**, con temperaturas máximas que varían entre los 12 °C a 30 °C, con la diferencia de que las áreas con temperaturas máximas más bajas (12 °C a 14 °C) ocupan mayor extensión hacia mayores altitudes (al centro, noreste y sureste del distrito). Estos valores que se presentan en la mayor extensión del distrito, están dentro del rango óptimo que requiere el cultivo de arveja para realizar sus procesos fisiológicos y fenológicos (Mapa 15).



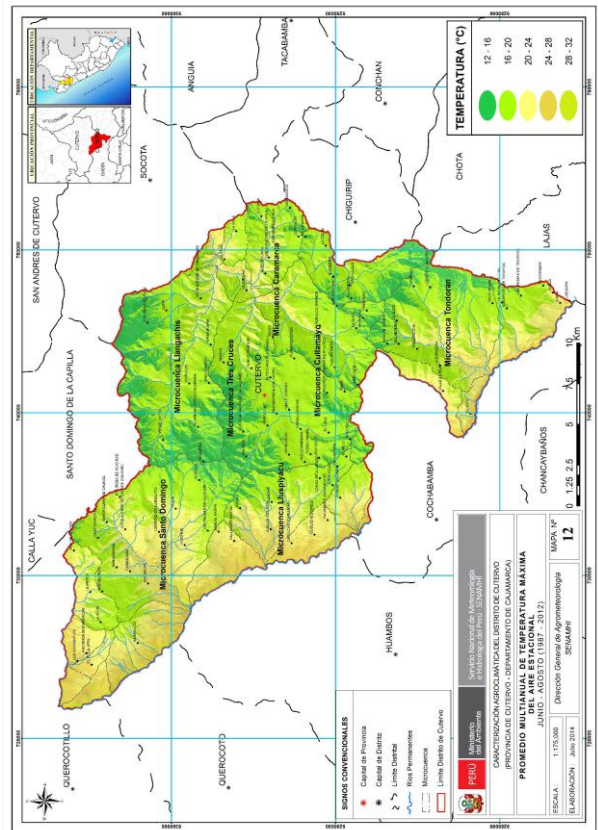
Mapa 10. Estación de verano



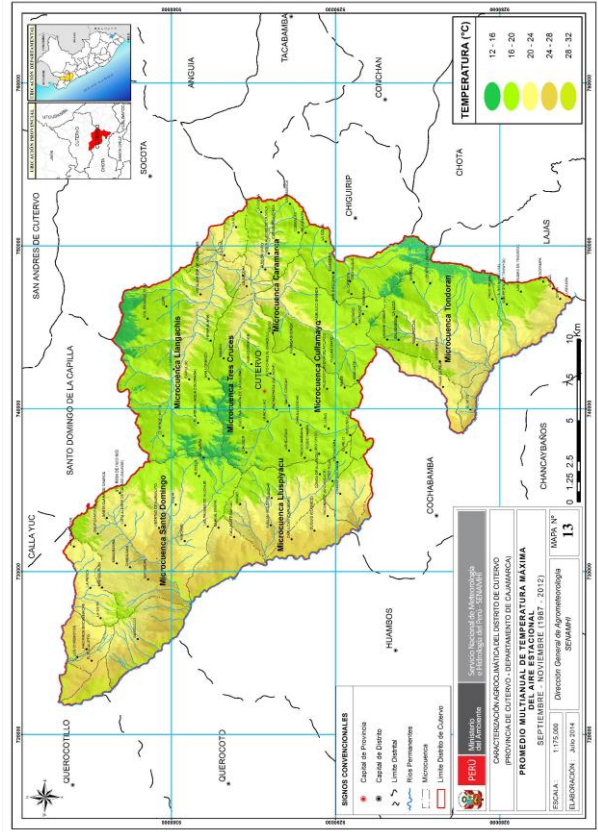
Mapa 11. Estación de otoño



Mapa 12. Estación de invierno

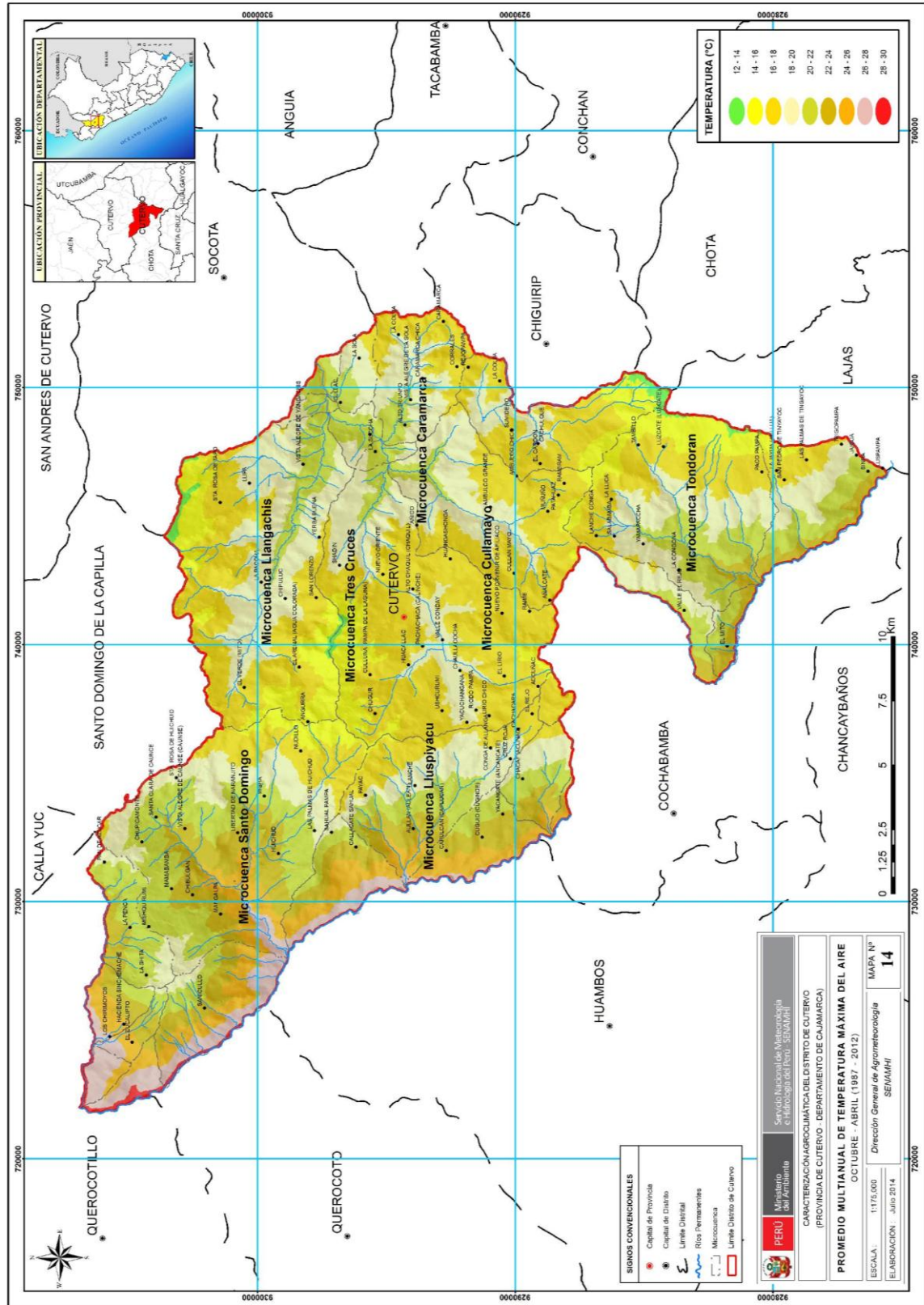


Mapa 13. Estación de primavera



Distribución espacial de la temperatura máxima del aire en las estaciones de verano (Mapa 10), otoño (Mapa 11), invierno (Mapa 12) y primavera (Mapa 13)

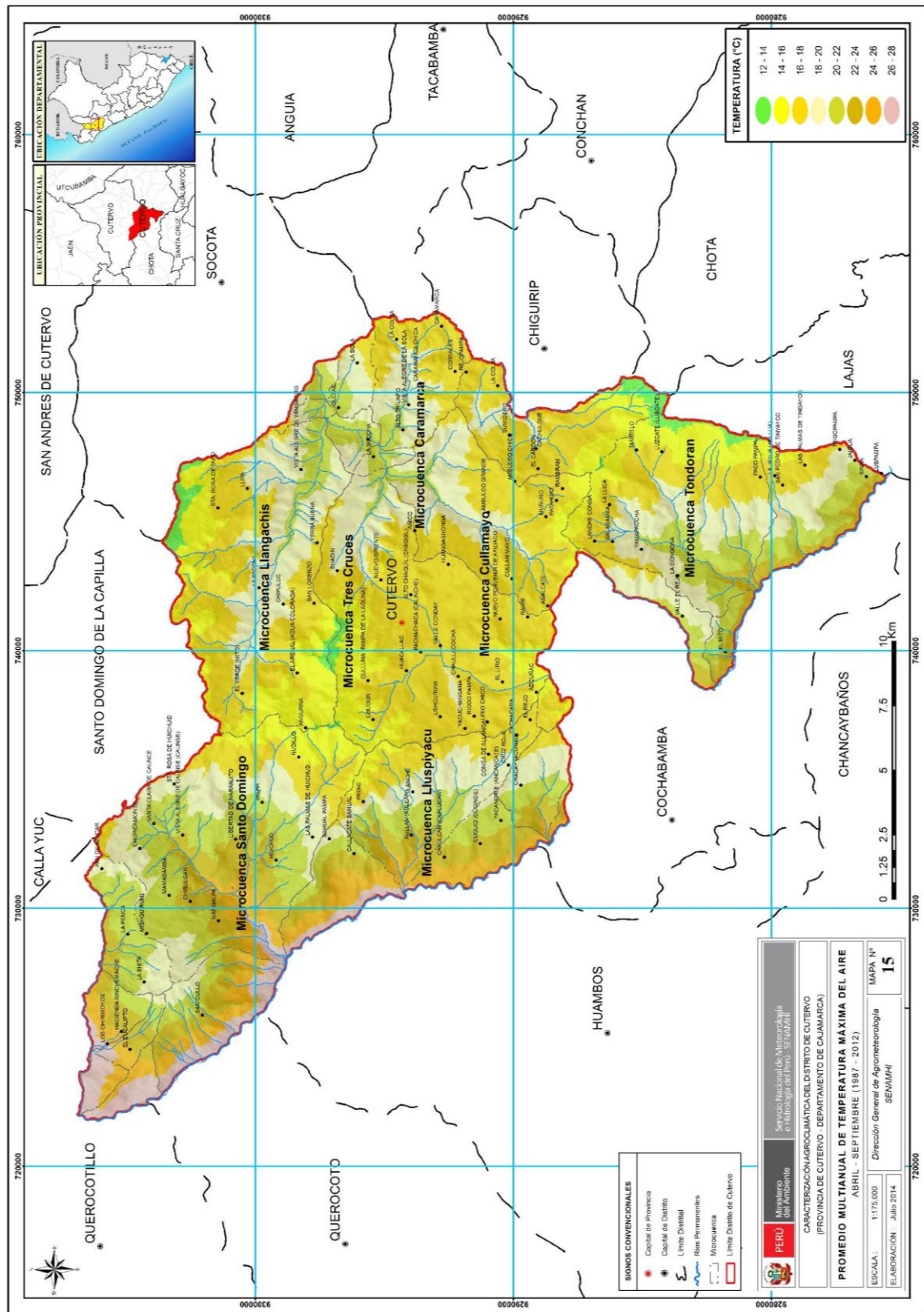
Mapa 14. Distribución espacial de la temperatura máxima del aire en el distrito de Cutervo (Periodo agrícola: Octubre-Abril)



Fuente: Elaboración propia



Mapa 15. Distribución espacial de la temperatura máxima del aire en el distrito de Cutervo (Periodo agrícola: Abril-Setiembre)



Fuente: Elaboración propia

### 6.1.2.3 Temperatura mínima del aire

#### 6.1.2.3.1 A nivel estacional

Los Mapas 16 al 19 muestran la distribución espacial de la temperatura mínima del aire, en el área de estudio, en las estaciones de verano, otoño, invierno y primavera. En promedio durante el año, las temperaturas mínimas del aire en el distrito de Cutervo varían entre los 4 °C a 16 °C.

Se observa un comportamiento térmico similar entre las estaciones de primavera y verano, con predominancia de temperaturas mínimas del aire entre los 8 °C a 12 °C en gran parte del distrito, menores temperaturas mínimas (4 °C a 8 °C) localizadas en las zonas más altas, al centro, noreste y sureste y mayores temperaturas mínimas al oeste, en las regiones más bajas y alcanzando temperaturas mínimas entre los 12 °C a 16 °C. En tanto que las estaciones de otoño e invierno también muestran un comportamiento similar, con predominancia de temperaturas mínimas inferiores entre 4 °C a 8 °C, aunque con mayor extensión de área en el invierno. Al igual que las otras estaciones, las temperaturas mínimas más elevadas se encuentran al oeste, en las regiones más bajas y alcanzando temperaturas mínimas entre 12 °C a 16 °C.

#### 6.1.2.3.2 A nivel del periodo agrícola

Los Mapas 20 y 21 muestran la distribución espacial de la temperatura mínima del aire, en el área de estudio, para los periodos agrícolas (octubre a abril y abril a setiembre) donde se producen los cultivos priorizados.

En el período agrícola **octubre a abril**, en promedio la temperatura mínima del aire varía entre los 6 °C a 18 °C. Los menores valores de temperatura mínima (6 °C a 8 °C) se observan a altitudes superiores a los 3000 msnm y ubicados al sureste. En el resto del distrito predominan las temperaturas mínimas entre los 8 °C a 14 °C, excepto al oeste, en las partes más bajas donde las temperaturas mínimas son superiores y varían entre los 14 °C a 18 °C (Mapa 20).

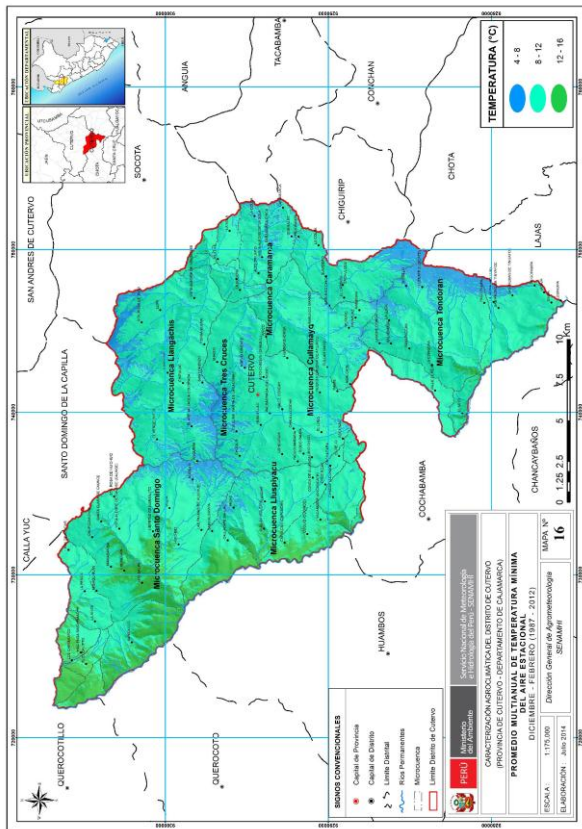
Las zonas agrícolas que presentan un rango de temperatura mínima entre los 6 °C a 8 °C no son muy recomendables para la producción de los cultivos de fríjol, maíz amiláceo, maíz amarillo duro y papa; porque los valores observados se encuentran muy próximos al umbral mínimo que requiere el cultivo. El impacto en los cultivos está relacionado con el retraso del crecimiento vegetativo y apertura de las flores, reducción de la tasa de movilización y acumulación de reservas en los granos o tubérculos, entre otros. Las mejores zonas para la producción de los cultivos priorizados se localizan en las áreas agrícolas donde la temperatura mínima oscila entre los 10 °C a 18 °C. Por tanto, el distrito de Cutervo presenta temperaturas mínimas óptimas para el desarrollo de éstos cultivos exceptuando el área correspondiente a la zona este de la microcuenca de Tondoran.

En el período agrícola **abril a setiembre**, se observa que la temperatura mínima varía entre los 6 °C a 16 °C. El comportamiento térmico es similar al período **octubre a abril**, con temperaturas predominantes entre los 8 °C a 14 °C, la diferencia se basa en la zona occidental del distrito, en las partes más bajas, donde la temperatura mínima varía entre los 14 °C a 16 °C (Mapa 21).

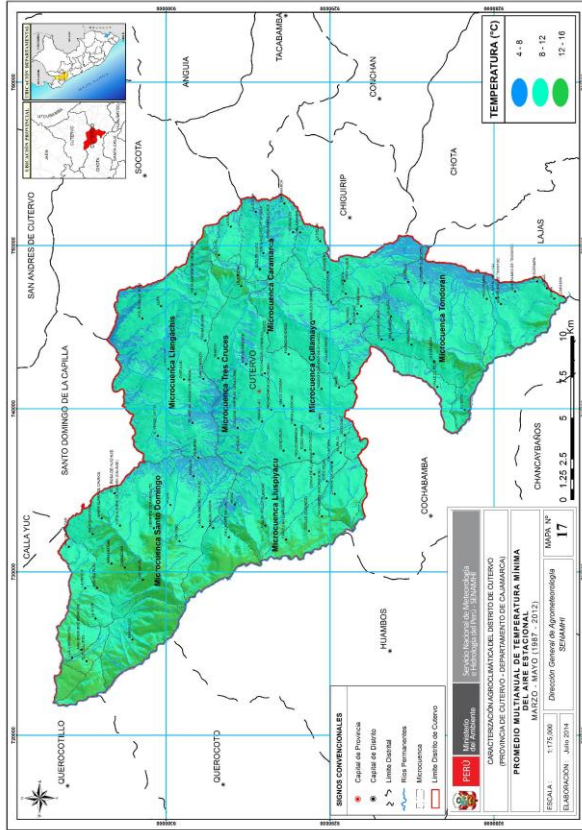
En general, las áreas agrícolas donde se producen arveja presentan temperaturas mínimas (8 °C a 14 °C) alrededor del umbral óptimo que necesita el cultivo. Si bien el cultivo es más tolerante al frío, comparado con los otros cultivos priorizados, no se recomienda su producción en zonas donde los valores de temperatura mínima son inferiores a los 8 °C, debido a que se prolongaría el crecimiento vegetativo de las plantas, lo cual reduciría la formación de vainas.



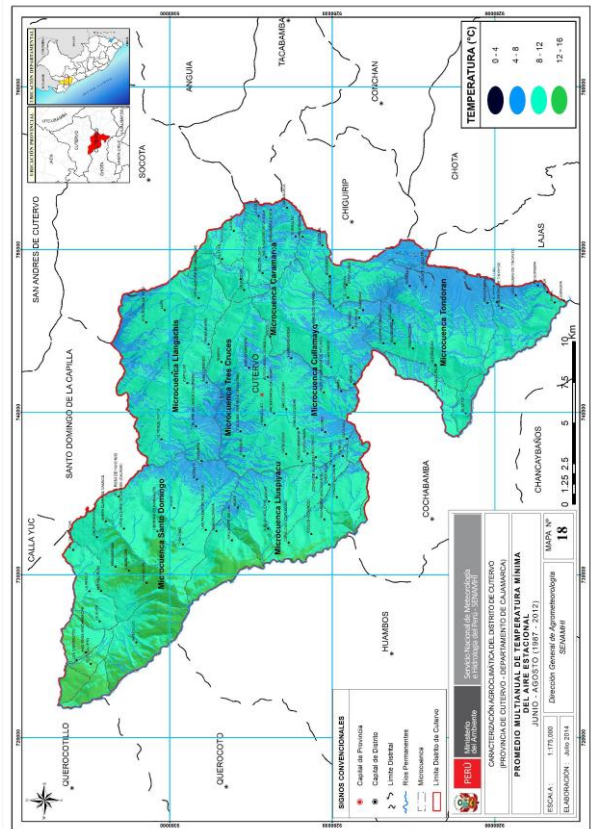
Mapa 16. Estación de verano



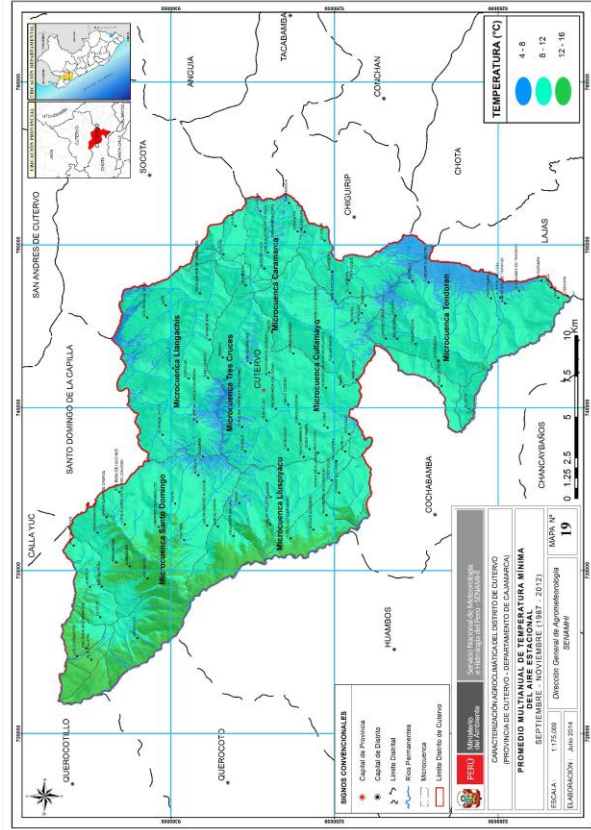
Mapa 17. Estación de otoño



Mapa 18. Estación de invierno

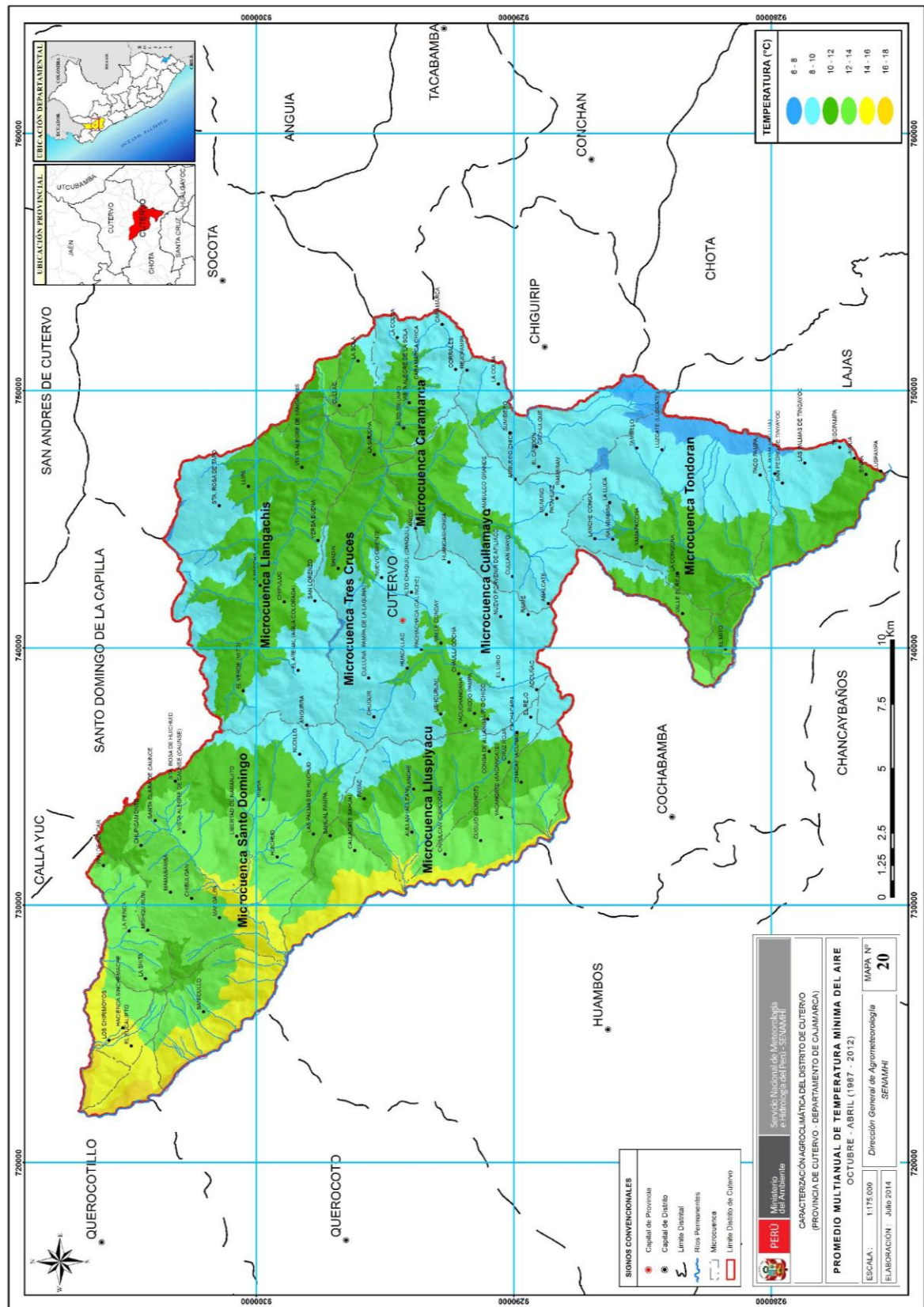


Mapa 19. Estación de primavera



Distribución espacial de la temperatura mínima del aire en las estaciones de verano (Mapa 16), otoño (Mapa 17), invierno (Mapa 18) y primavera (Mapa 19)

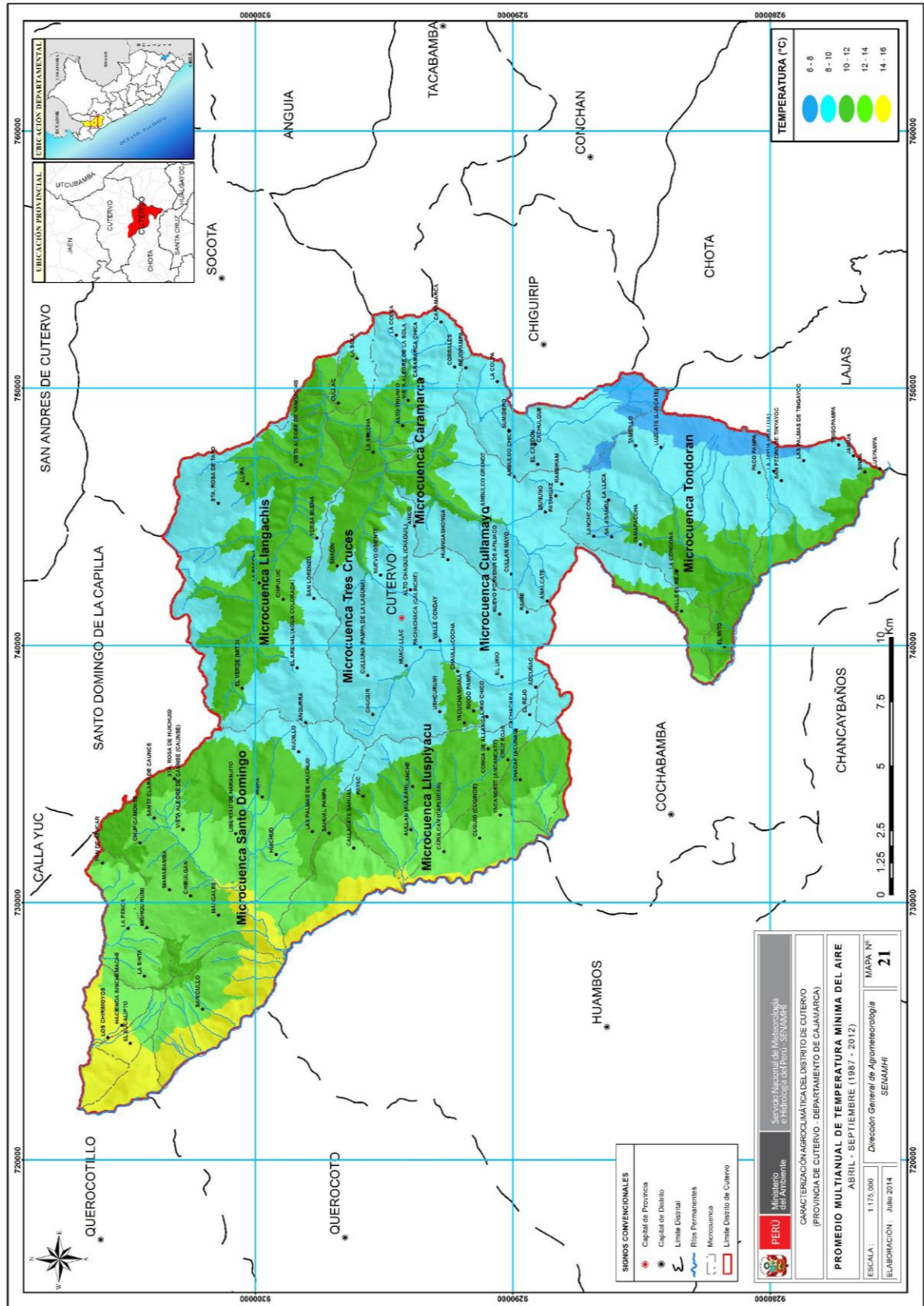
Mapa 20. Distribución espacial de la temperatura mínima del aire en el distrito de Cutervo (Periodo agrícola: Octubre-Abril)



Fuente: Elaboración propia



Mapa 21. Distribución espacial de la temperatura mínima del aire en el distrito de Cutervo (Periodo agrícola: Abril-Setiembre)



Fuente: Elaboración propia

## 6.2 HELADAS AGRONÓMICAS

La caracterización de heladas agronómicas constituye una herramienta muy importante para la planificación agrícola, dado que permite tomar decisiones anticipadas de largo, mediano y corto plazo, tales como: programación de fechas de siembra, elección de variedades, entre otros. Esta información permite evaluar actividades de medidas de protección más acordes con la realidad de la zona y atenuar posibles impactos en la producción de los cultivos.

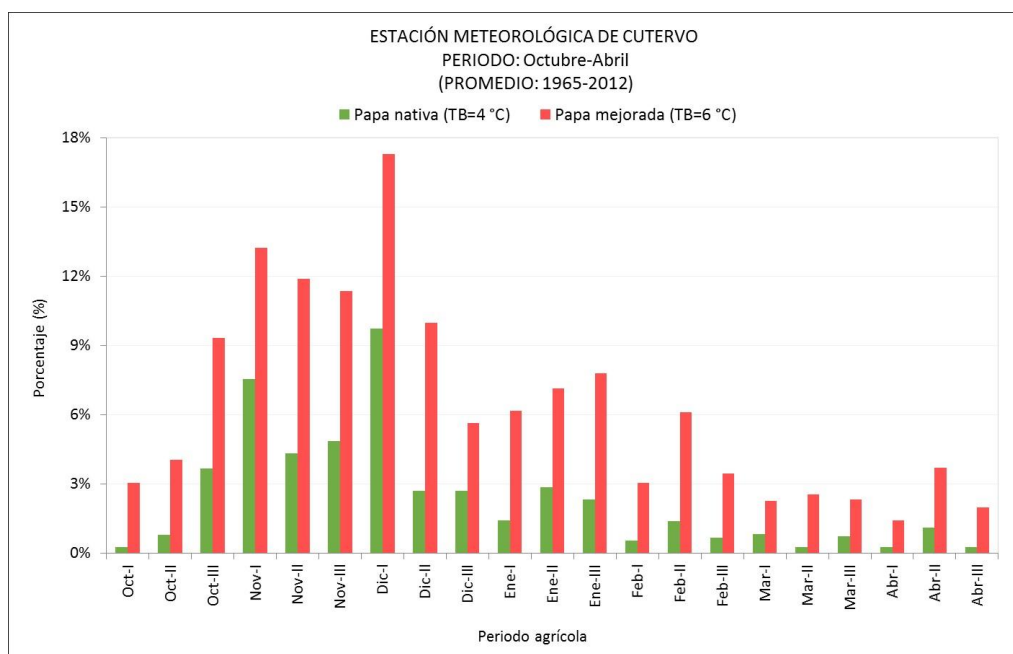
### Frecuencia relativa de heladas agronómicas

Las Figuras 32, 33 y 34 muestran las frecuencias relativas promedio de heladas agronómicas durante los periodos agrícolas donde crecen y se desarrollan los cultivos priorizados.

Tomando como referencia la temperatura base de la papa nativa dulce (TB= 4°C) y la papa mejorada (TB= 6°C), observamos que las heladas agronómicas incrementan su frecuencia a partir de la tercera década de octubre hasta alcanzar un 10% (papa nativa) y 17% (papa mejorada) de frecuencia, en promedio, durante la primera década de diciembre. Durante este período, las bajas temperaturas podrían afectar principalmente la emergencia de los tallos, el crecimiento de las hojas y la elongación de los tallos.

Sin embargo, las heladas agronómicas que se presentan entre la segunda década de enero y la segunda década de febrero, si bien no son muy frecuentes en la papa mejorada, son las más perjudiciales para el cultivo; debido a que durante este periodo ocurre la tuberización y el inicio del llenado de los tubérculos (Figura 32).

Figura 32. Frecuencia relativa de heladas agronómicas en el cultivo de papa



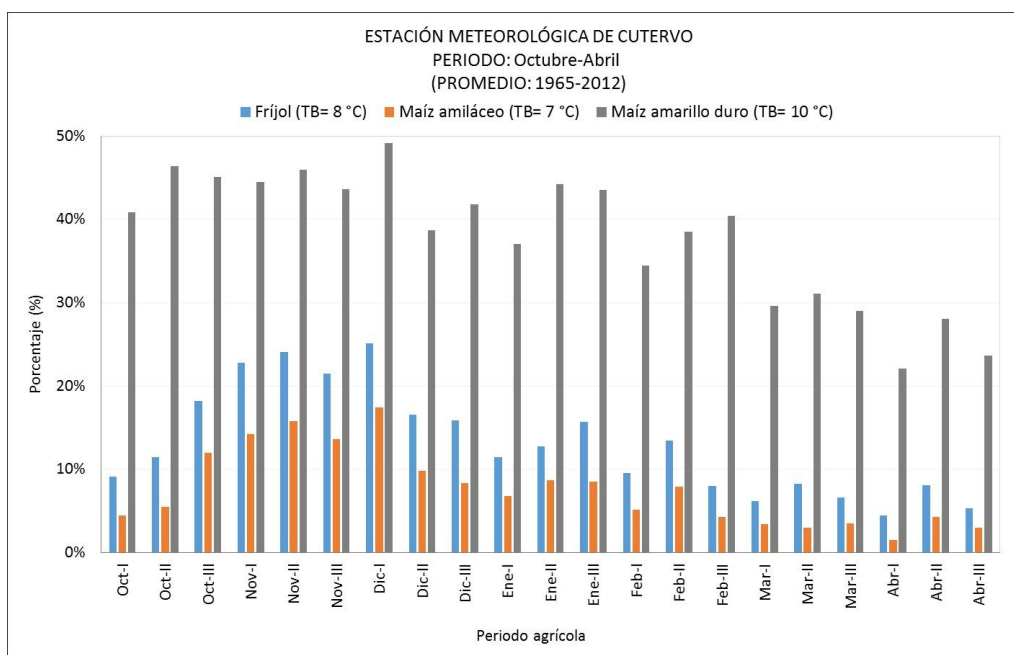
Fuente: Datos históricos de temperatura mínima del aire del SENAMHI. Elaboración propia

La frecuencia de heladas agronómicas en el cultivo de fríjol (TB= 8 °C) es mayor durante las tres décadas de noviembre y la primera década de diciembre, periodo donde las bajas temperaturas podrían perjudicar la emergencia de las plántulas, así como el crecimiento y desarrollo de las hojas. No obstante, el mayor impacto puede ocurrir en la etapa reproductiva, porque la frecuencia de heladas agronómicas, entre la tercera década de enero y la segunda década de febrero, oscila en promedio de 10 % a 16% (Figura 33).

En el cultivo de maíz amiláceo (TB= 7 °C), la mayor frecuencia de heladas agronómicas ocurre entre la tercera década de octubre y la primera década de diciembre, periodo donde las bajas temperaturas pueden afectar la emergencia de plántulas y el crecimiento inicial de los tallos (Figura 33).

Respecto al cultivo de maíz amarillo duro (TB= 10 °C), observamos que la frecuencia de heladas agronómicas oscila, en promedio, de 22% a 49% durante todo el periodo vegetativo del cultivo. Los valores más altos se registran entre la primera década de diciembre y la tercera década de febrero, período donde las bajas temperaturas podrían perjudicar tanto el crecimiento vegetativo como reproductivo (Figura 33).

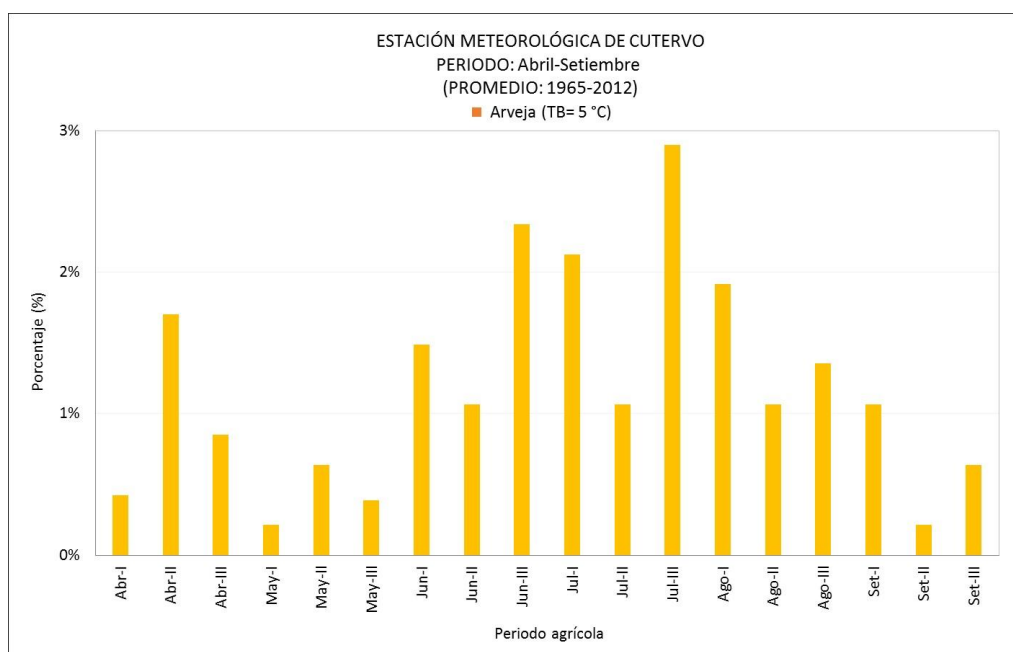
Figura 33. Frecuencia relativa de heladas agronómicas en los cultivos de fríjol, maíz amiláceo y maíz amarillo duro



Fuente: Datos históricos de temperatura mínima del aire del SENAMHI. Elaboración propia

En el cultivo de arveja, la frecuencia de heladas agronómicas durante el desarrollo de las fases fenológicas es bajo en comparación con los otros cultivos priorizados. Las bajas temperaturas hacia finales del crecimiento vegetativo (tercera década de junio) y durante todo el crecimiento reproductivo (tres décadas de julio) podrían afectar ligeramente a las plantas (Figura 34).

Figura 34. Frecuencia relativa de heladas agronómicas en el cultivo arveja



Fuente: Datos históricos de temperatura mínima del aire del SENAMHI. Elaboración propia

### Fechas de primeras y últimas heladas agronómicas

La Tabla 17 muestra la caracterización de las primeras y últimas heladas agronómicas, así como el periodo libre de heladas agronómicas en la estación de Cutervo. Por lo general, a mayor temperatura base del cultivo, las fechas de las primeras heladas agronómicas se van adelantando y las fechas de últimas heladas agronómicas se van retrasando, por lo cual el periodo libre de heladas agronómicas se reduce.

Para el cultivo de arveja, las primeras heladas agronómicas ocurren en promedio el 21 de abril y con intensidades de 3,9 °C a 4,8 °C (variación de  $\pm 0,9$  °C). Asimismo, las últimas heladas agronómicas se presentan en promedio el 29 de noviembre y con intensidades de 3,6 °C a 5 °C (variación de  $\pm 1,4$  °C).

Para el cultivo de frijol, las primeras heladas agronómicas ocurren en promedio el 21 de enero y con intensidades de 6,8 °C a 8,1 °C (variación de  $\pm 1,3$  °C). Del mismo modo, las últimas heladas agronómicas se registran en promedio el 22 de diciembre y con intensidades de 6,7 °C a 8,1 °C (variación de  $\pm 1,4$  °C).

Para el cultivo de maíz, las primeras heladas agronómicas ocurren en promedio el 31 de enero (maíz amiláceo) y el 4 de enero (maíz amarillo duro) y con intensidades de 6 °C a 7,1 °C (maíz amiláceo) y 8,6 °C a 10,4 °C (maíz amarillo duro). Asimismo, las últimas heladas agronómicas se presentan en promedio el 13 de diciembre (maíz amiláceo) y el 28 de diciembre (maíz amarillo duro) y con intensidades de 5,9 °C a 7,1 °C (maíz amiláceo) y 8,3 °C a 10,2 °C (maíz amarillo duro).

Para el cultivo de papa, las primeras heladas agronómicas ocurren en promedio el 7 de marzo (papa mejorada) y el 10 de mayo (papa nativa dulce) y con intensidades de 5,3 °C a 6,2 °C (papa mejorada) y 3,1 °C a 3,9 °C (papa nativa dulce). Del mismo modo, las últimas heladas agronómicas se registran

en promedio el 5 de diciembre (papa mejorada) y el 21 de noviembre (papa nativa dulce) y con intensidades de 4,8 °C a 6,1 °C (papa mejorada) y 2,8 °C a 3,9 °C (papa nativa dulce).

### Periodo libre de heladas agronómicas

El periodo libre de heladas agronómicas está en función de la temperatura base del cultivo.

La Tabla 17 muestra que el mayor periodo libre de heladas agronómicas es para el cultivo de papa nativa dulce (159 días), le siguen la arveja (129 días), papa mejorada (96 días), maíz amiláceo (48 días), fríjol (29 días) y maíz amarillo duro (5 días). Fuera de este período, los cultivos podrían presentar problemas durante sus fases fenológicas, debido a la ocurrencia de temperaturas mínimas por debajo de su temperatura base.

Tabla 17. Caracterización de las primeras y últimas heladas agronómicas, así como el periodo libre de heladas agronómicas en la estación de Cutervo

Caracterización de las heladas agronómicas		Arveja (TB= 5 °C)	Fríjol (TB= 8 °C)	Papa		Maíz	
				Nativa (TB= 4 °C)	Mejorada (TB= 6 °C)	Amiláceo (TB= 7 °C)	Amarillo Duro (TB= 10 °C)
Primeras Heladas	Fecha media (días)	21 Abr	21 Ene	10 May	7 Mar	31 Ene	4 Ene
	Intensidad media (°C)	3,9	6,8	3,1	5,3	6	8,6
	Desviación standard	0,9	1,3	0,8	0,9	1,1	1,8
Últimas Heladas	Fecha media (días)	29 Nov	22 Dic	21 Nov	5 Dic	13 Dic	28 Dic
	Intensidad media (°C)	3,6	6,7	2,8	4,8	5,9	8,3
	Desviación standard	1,4	1,4	1,1	1,3	1,2	1,9
Período libre de heladas	Fecha media (días)	129	29	159	96	48	5

Fuente: Datos históricos de temperatura mínima del aire (Período: 1965-2012). Fuente: Elaboración propia

## 6.3 PRECIPITACIÓN

### 6.3.1 Inicio del período lluvioso

El inicio del período lluvioso en la sierra peruana está condicionado al desplazamiento de los sistemas atmosféricos hacia el sur, condiciones que facilitan la intensificación de los vientos del este, ingreso de aire cálido y húmedo del Atlántico, y la generación e intensificación de mecanismos que favorecen la inestabilidad atmosférica y el origen de las primeras lluvias primaverales (Trebejo y Díaz, 1998; SENAMHI, 2013).

La Tabla 18 muestra que la estación lluviosa en Cutervo se inicia en octubre y culmina en abril, en promedio, teniendo una duración de 7 meses. Durante este período se totaliza el 79% de las lluvias, siendo más frecuentes y abundantes en febrero y abril.

En el período agrícola **octubre** a **abril** se acumula en promedio 772 mm, cantidad de humedad adecuada para el crecimiento y desarrollo de los cultivos de fríjol, maíz amiláceo, maíz amarillo duro y papa.

En el período agrícola **abril** a **setiembre**, la precipitación acumulada promedio es de sólo 320 mm, cantidad de humedad muy próxima al umbral mínimo que requiere la arveja para desarrollar sus distintas fases fenológicas. Por ello, el riego complementario en este cultivo es muy importante a fin de asegurar la producción de vainas.

Tabla 18. Inicio y duración promedio de la estación lluviosa, en la estación de Cutervo, durante la campaña agrícola

Meses												Estación lluviosa		
Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Inicio	Fin	Periodo
2,5	6,3	11,4	10,2	9,7	8,8	12,7	14,2	12,0	6,3	3,3	2,6	Oct	Abr	7

Fuente: Datos históricos de precipitación del SENAMHI. Elaboración propia

### 6.3.2 Distribución temporal

Las Figuras 35a y 35b muestran el comportamiento temporal promedio de la precipitación y su desviación estándar, para los periodos agrícolas octubre a abril y abril a setiembre, en la estación de Cutervo. Por lo general, se observa un comportamiento estacional con dos picos: el mayor en la estación de verano y el segundo en la estación de la primavera.

La precipitación promedio en el período **octubre** a **abril** oscila de 25 mm/década a 47 mm/década, alcanzando los mayores en la tercera década de octubre (44 mm/década), primera década de febrero (47 mm/década) y tercera década de marzo (53 mm/década) (Figura 35a).

En el período agrícola **abril** a **setiembre**, la cantidad de lluvias varía en promedio de 6 mm/década a 41 mm/década, presentándose las mayores cantidades entre la primera y tercera década de abril (Figura 35b).

Es importante precisar que la desviación estándar nos indica que cualquier valor decadal que se encuentra dentro de la zona de las barras debe ser considerado como un valor previsto.

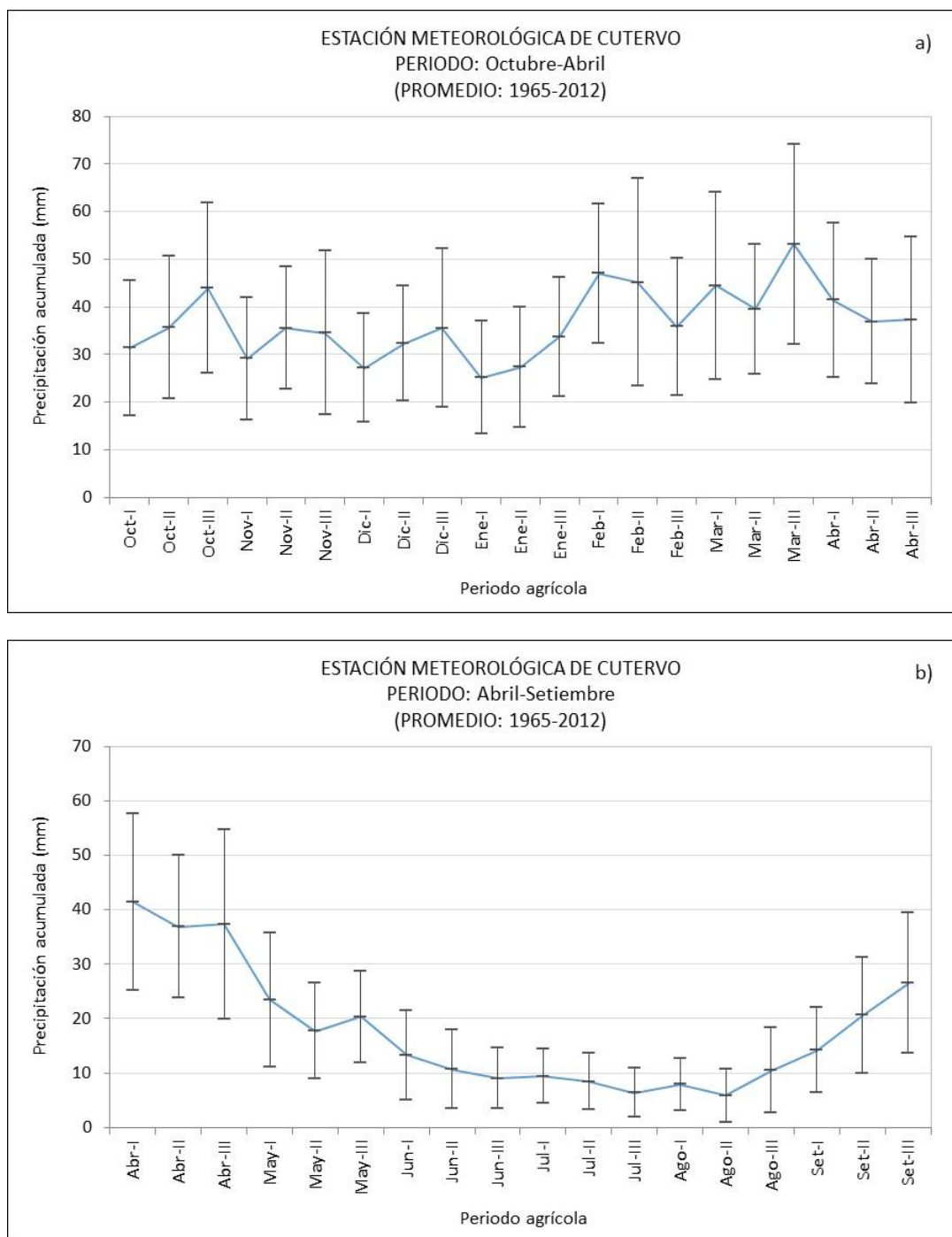
### Precipitación en años lluviosos

En el distrito de Cutervo, las precipitaciones presentan una alta variabilidad temporal pasando de periodos secos con deficiencias a períodos lluviosos con excesos.

Durante el período 1965-2012; algunas de las campañas agrícolas que presentaron lluvias en exceso fueron: 1971-72, 1974-75, 1980-81, 1993-94, 1999-00, 2000-01, 2007-08, 2008-09 y 2011-12.



Figura 35. Comportamiento temporal promedio de la precipitación acumulada decadiaria en la estación de Cutervo, durante los periodos agrícolas octubre a abril y abril a setiembre



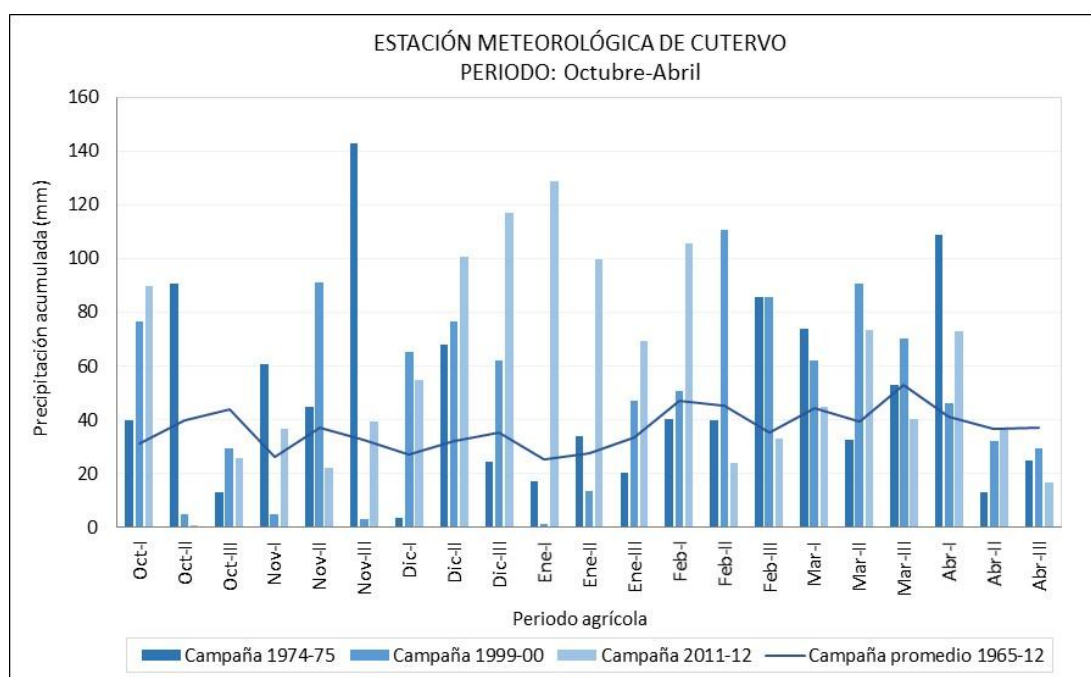
Fuente: Datos históricos de precipitación del SENAMHI. Elaboración propia

Las Figuras 36 y 37 muestran el comportamiento temporal de las precipitaciones durante las campañas agrícolas 1974-75, 1999-00, 2008-09 y 2011-12; caracterizadas como algunas de las más lluviosas de la serie histórica.

Para estas campañas agrícolas evaluadas, se observa que durante el periodo **octubre a abril**, la campaña agrícola 2011-2012 pudo haber generado mayor impacto negativo, por cuanto la mayor frecuencia de lluvias se presentó entre la primera década de diciembre a la primera década de febrero y entre la segunda década de marzo a la primera década de abril, épocas en que podrían haber afectado el desarrollo de las hojas y la polinización de las flores; así como la maduración de vainas y los granos (fríjol), las mazorcas (maíz amiláceo y maíz amarillo duro) y los tubérculos (papa) (Figura 36).

Durante el periodo **abril a setiembre**, la frecuencia de lluvias es baja, sin embargo las lluvias excesivas registradas durante la primera década de abril y la tercera década de setiembre en la campaña agrícola 1974-75, habría perjudicado la emergencia de plántulas y la maduración de vainas en la arveja. Asimismo durante la campaña agrícola 1999-00 el exceso de humedad ocurrido en la segunda y tercera década de setiembre habría afectado el proceso de maduración de vainas en el cultivo (Figura 37).

Figura 36. Comportamiento temporal promedio de la precipitación acumulada decadiaria en la estación de Cutervo, durante años lluviosos y en el periodo agrícola octubre a abril

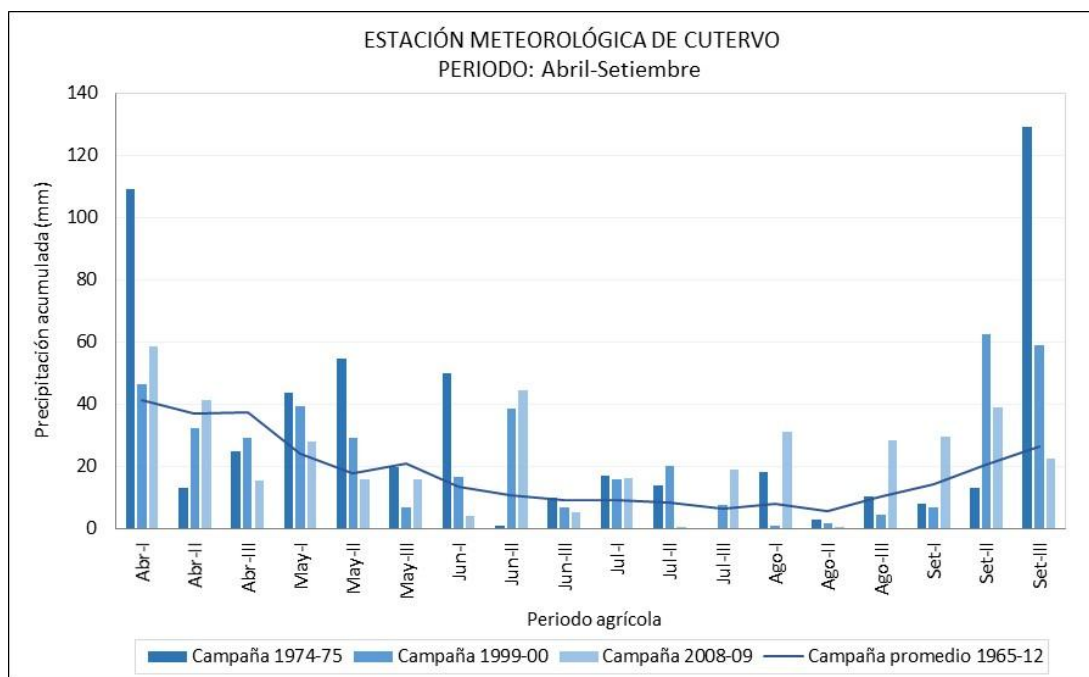


Fuente: Datos históricos de precipitación del SENAMHI. Elaboración propia

### Precipitación en años deficientes

Durante el período 1965-2012; algunas de las campañas agrícolas que presentaron niveles de deficiencia de humedad fueron: 1965-66 a 1968-69, 1977-78, 1979-80, 1982-83, 1991-92, 1994-95 y 2003-04.

Figura 37. Comportamiento temporal promedio de la precipitación acumulada decadiaria en la estación de Cutervo, durante años lluviosos y en el periodo agrícola abril a setiembre



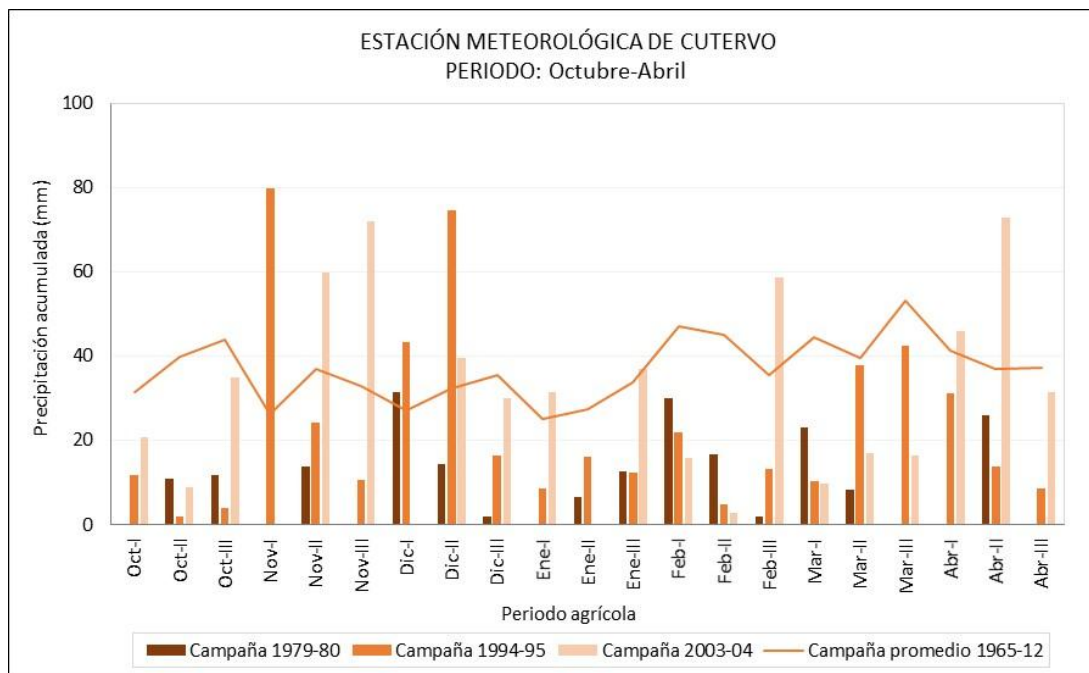
Fuente: Datos históricos de precipitación del SENAMHI. Elaboración propia

Las Figuras 38 y 39 muestran el comportamiento temporal de las precipitaciones durante las campañas agrícolas 1979-80, 1994-95 y 2003-04; caracterizadas como algunas de las más deficientes de la serie histórica.

Durante el período **octubre a abril**, se observa que la campaña agrícola 1979-80 se presentó deficiente para todas las fases fenológicas de los cultivos priorizados; en tanto que las campañas 1994-95 y 2003-04, si bien registraron lluvias por encima de sus promedios entre la primera década de noviembre a la segunda década de diciembre y en otras épocas esporádicas, sin embargo éstas lluvias no podrían haber sido suficientes para el desarrollo de las hojas y elongación de los tallos, para la floración y tuberización (primera década de febrero a primera década de marzo), así como para la maduración de vainas y tubérculos (segunda década de marzo a segunda década de abril) (Figura 38). Asimismo, el déficit de humedad en el fríjol, maíz amiláceo, maíz amarillo duro y papa; puede haber ocasionado desuniformidad durante la emergencia, menor desarrollo foliar, reducción de la tasa fotosintética, baja polinización en las flores, menor movilización de fotosintatos hacia los granos y tubérculos, senescencia y pérdida de follaje.

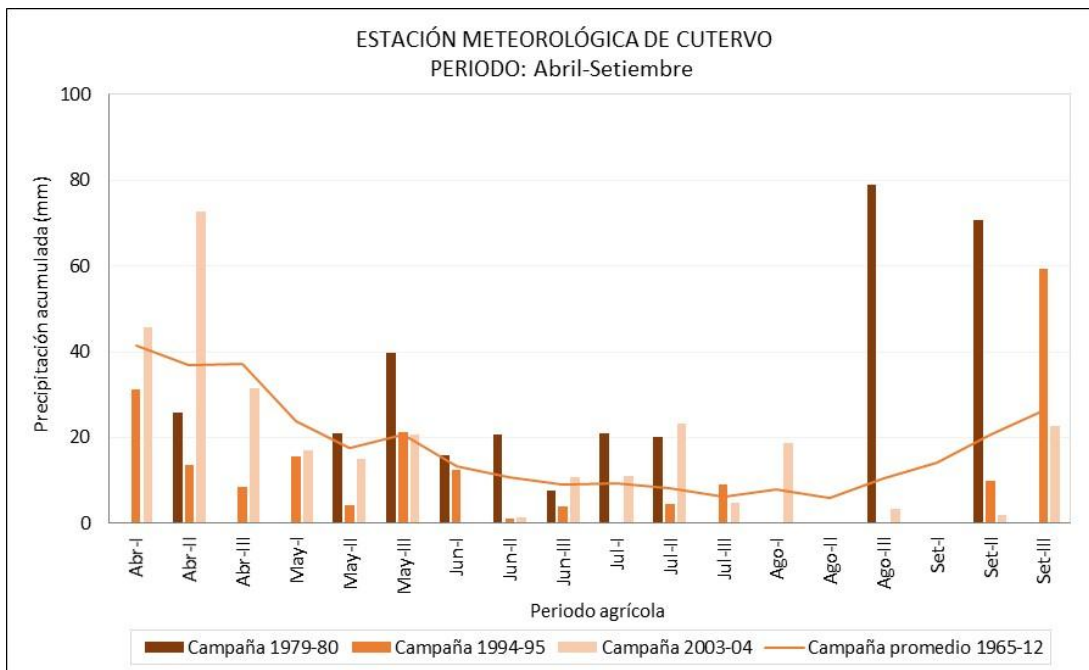
Durante el periodo **abril a setiembre**, las lluvias por lo general son escasas para el requerimiento hídrico de la arveja y se requiere complementar con riego para asegurar la producción de vainas. A pesar de ello, la campaña agrícola 1994-1995 presentó las mayores deficiencias durante el período crítico de la arveja entre junio a setiembre, en sus fases de botón floral, floración y llenado de frutos (Figura 39).

Figura 38. Comportamiento temporal promedio de la precipitación acumulada decadiaria en la estación de Cutervo, durante años deficientes y en el periodo agrícola octubre a abril



Fuente: Datos históricos de precipitación del SENAMHI. Elaboración propia

Figura 39. Comportamiento temporal promedio de la precipitación acumulada decadiaria en la estación de Cutervo, durante años deficientes y en el periodo agrícola abril a setiembre



Fuente: Datos históricos de precipitación del SENAMHI. Elaboración propia

### 6.3.3 Distribución espacial

#### 6.3.3.1 A nivel estacional

La distribución espacial de la precipitación en el distrito de Cutervo, es manifestada por dos factores importantes: la incursión de los vientos cálidos y húmedos provenientes de la cuenca amazónica y la dependencia constante de la topografía, aunque la precipitación no siempre tiene una relación absoluta con la altitud como en el caso de las temperaturas, pues los procesos que controlan su distribución espacial son mucho más complejos y locales (SENAMHI, 2013).

Los Mapas 22 al 25 muestran la distribución espacial de la precipitación acumulada, en el área de estudio, en las estaciones de verano, otoño, invierno y primavera. Por lo general, en promedio las estaciones más lluviosas corresponden al verano y al otoño, las mayores precipitaciones se presentan en las partes más altas del distrito, por encima de los 2800 msnm y las menores precipitaciones en las partes más bajas, inferiores a los 1500 msnm.

El invierno se presenta como la estación más seca, las lluvias estacionalmente pueden acumular cantidades inferiores a los 100 mm (Mapa 24). En la primavera, se inicia el período lluvioso, las precipitaciones incrementan en frecuencia e intensidad llegando a acumular estacionalmente cantidades entre los 100 mm a 400 mm, con mayor predominancia de lluvias entre los 200 mm a 400 mm en gran parte del distrito y con cantidades inferiores a los 200 mm en la parte oeste (Mapa 25). En la estación de verano, continúan las lluvias más frecuentes, la precipitación acumulada varía entre los 100 mm a 500 mm, predominando también zonas con lluvias acumuladas entre los 200 mm a 400 mm en gran parte del distrito, incrementándose hacia las partes más altas y llegando a acumular cantidades entre los 400 mm a 500 mm. Hacia las partes más bajas, al oeste, las precipitaciones son inferiores, totalizando lluvias entre los 100 mm a 200 mm (Mapa 22). En la estación del otoño, las lluvias acumulan cantidades entre los 200 mm a 400 mm, predominando zonas con cantidades de 300 mm a 400 mm en gran parte del distrito y disminuyendo hacia el oeste hasta los 200 mm (Mapa 23).

#### 6.3.3.2 A nivel de periodo agrícola

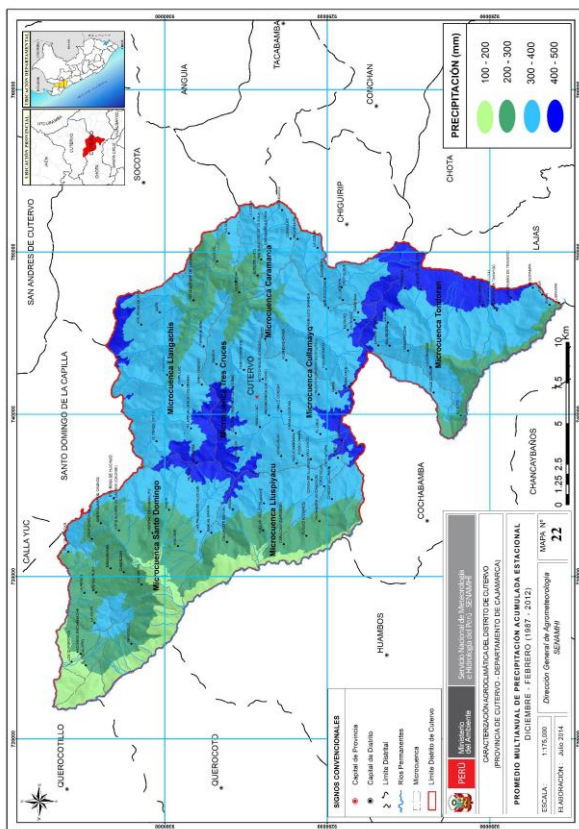
Los Mapas 26 y 27 muestran la distribución espacial de la precipitación acumulada, en el área de estudio, para los periodos agrícolas (octubre a abril y abril a setiembre) donde se producen los cultivos priorizados.

En el período agrícola **octubre a abril**, la precipitación acumulada varía entre los 500 mm a 1250 mm, predominando zonas con lluvias acumuladas entre los 650 mm a 850 mm en gran parte del distrito, incrementándose hacia mayores altitudes y alcanzando a totalizar cantidades entre los 850 mm hasta los 1250 mm (al centro del distrito, límite de Llanganachis y tres Cruces, norte de Llanganachis, y límite este del distrito en la microcuenca de Tondoran). Al oeste de las microcuencas de Santo Domingo y Lluspiyacu, hacia las partes más bajas, las precipitaciones se reducen, totalizando cantidades inferiores a los 650 mm (Mapa 26).

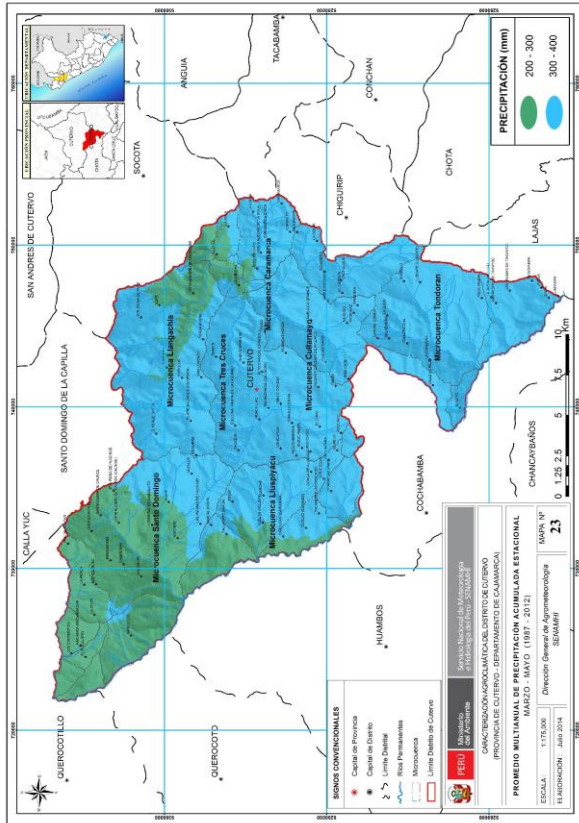
Las áreas de producción de fríjol, maíz amiláceo, maíz amarillo duro y papa donde los valores de precipitación acumulada oscilan entre los 500 mm a 950 mm presentan las mejores condiciones hídricas para los cultivos. Sin embargo, se debe precisar que las zonas con precipitaciones fuera de este rango (mayor a 950 mm) son consideradas también adecuadas, con la salvedad que el manejo al cultivo (control de enfermedades) debe ser muy eficiente a fin de asegurar la cosecha de vainas, mazorcas y tubérculos.



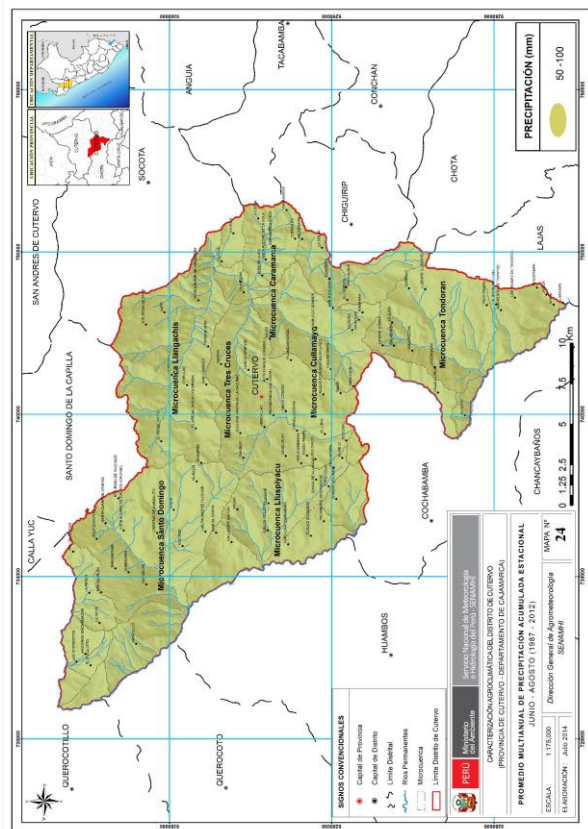
Mapa 22. Estación de verano



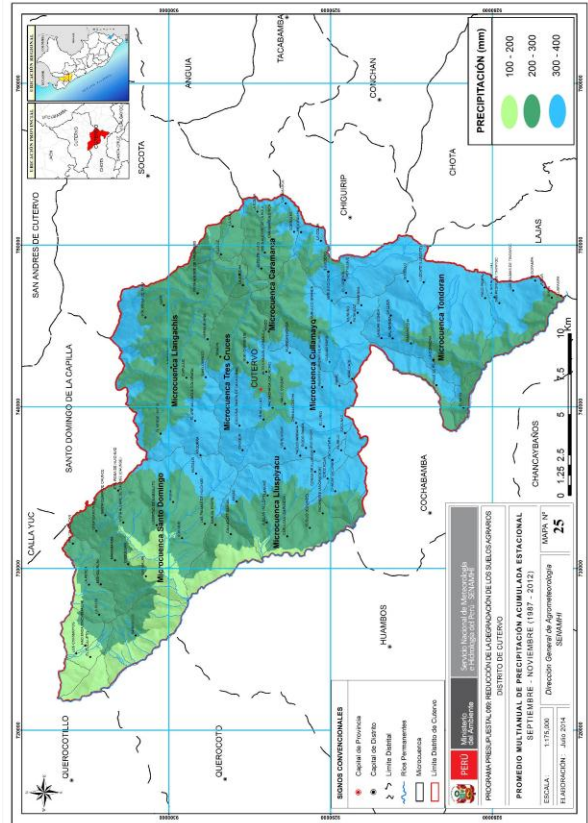
Mapa 23. Estación de otoño



Mapa 24. Estación de invierno



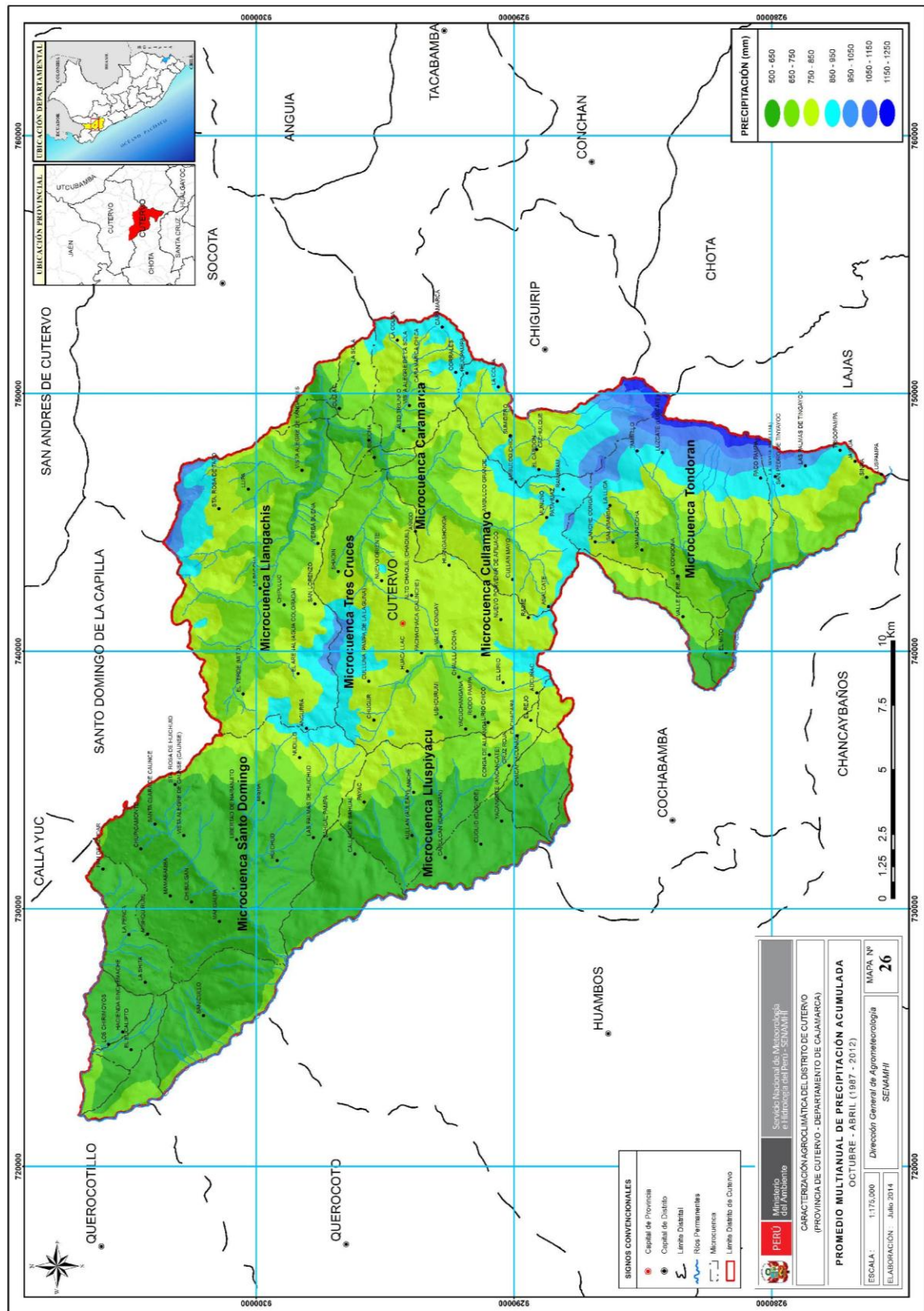
Mapa 25. Estación de primavera



Distribución espacial de la precipitación acumulada en las estaciones de verano (Mapa 22), otoño (Mapa 23), invierno (Mapa 24) y primavera (Mapa 25)



Mapa 26. Distribución espacial de la precipitación acumulada en el distrito de Cutervo (Periodo agrícola: Octubre-Abril)



Fuente: Elaboración propia

Mapa 27. Distribución espacial de la precipitación acumulada en el distrito de Cutervo (Periodo agrícola: Abril-Setiembre)



Fuente: Elaboración propia

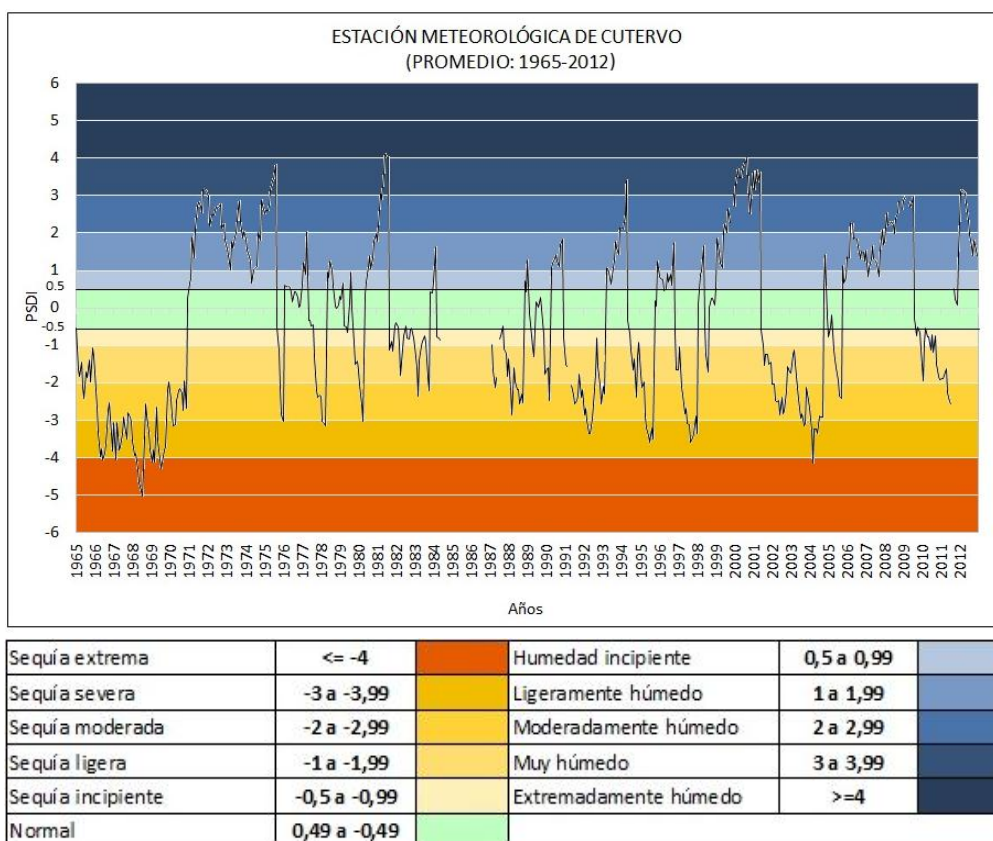
En el período agrícola **abril a setiembre**, se observa que la precipitación acumulada es inferior y varía entre los 340 mm a 400 mm (Mapa 27). El cultivo de arveja, uno de los cultivos que se establecen en este período agrícola en la zona, requiere como mínimo entre 300 mm a 400 mm de lluvia para toda su fase productiva. Por lo que se observa, las precipitaciones satisfacen mínimamente ésta demanda hídrica y el riego complementario es una práctica muy útil y necesaria, si se quiere garantizar el éxito de la plantación.

#### 6.4 SEQUÍAS AGRÍCOLAS

A partir del índice de severidad de sequías agrícolas se caracterizaron los períodos secos y húmedos para la estación de Cutervo. La distribución temporal de los índices es de manera mensual, desde enero de 1965 hasta diciembre de 2012.

La Figura 40 muestra la variación interanual de episodios secos (índices negativos) y húmedos (índices positivos), destacando las sequías agrícolas con intensidad extrema (campañas 1965-66 al 1969-70 y 2003-04), severa (campañas 1975-76, 1977-78, 1979-80, 1991-92, 1994-95, 1995-96 y 1997-98) y moderada (campañas 1970-71, 1982-83, 1983-84, 1987-88 al 1990-91, 1992-93, 1996-97, 2001-02, 2002-03, 2004-05, 2005-06 y 2010-11). Se destacan los eventos húmedos ocurridos durante las campañas 1971-72, 1972-73, 1974-75 y parte de 1975-76, 1980-81, 1993-94, 1999-00, 2000-01 y 2011-12; que se caracterizaron por ser extremadamente húmedos a muy húmedos.

Figura 40. Variación multianual del índice de sequías agrícolas

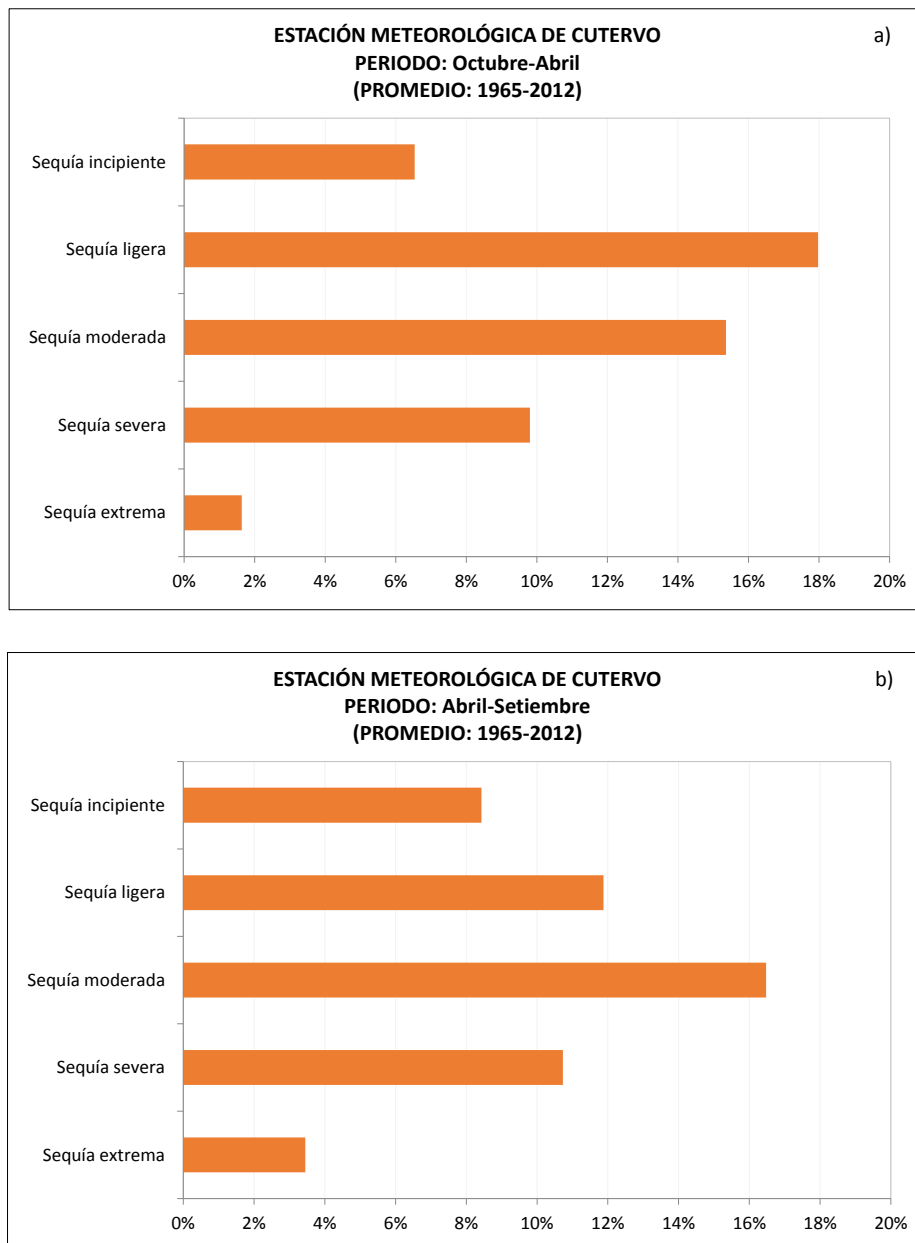


Fuente: Datos históricos de temperatura y precipitación del SENAMHI. Elaboración propia

En todo el registro histórico analizado, el 51,3% (**octubre a abril**) y 51% (**abril a setiembre**) de los casos respectivos presentó sequías agrícolas de distinta intensidad.

Por lo general, la ocurrencia de sequías de intensidad severa, moderada y ligera son muy frecuentes en ambos periodos agrícolas, con una mayor predominancia de sequías ligeras (18% de los casos) en **octubre a abril** (Figura 41a) y sequías moderadas (16,5% de los casos) en **abril a setiembre** (Figura 41b).

Figura 41. Frecuencia de sequías agrícolas durante el periodo agrícola de los cultivos priorizados



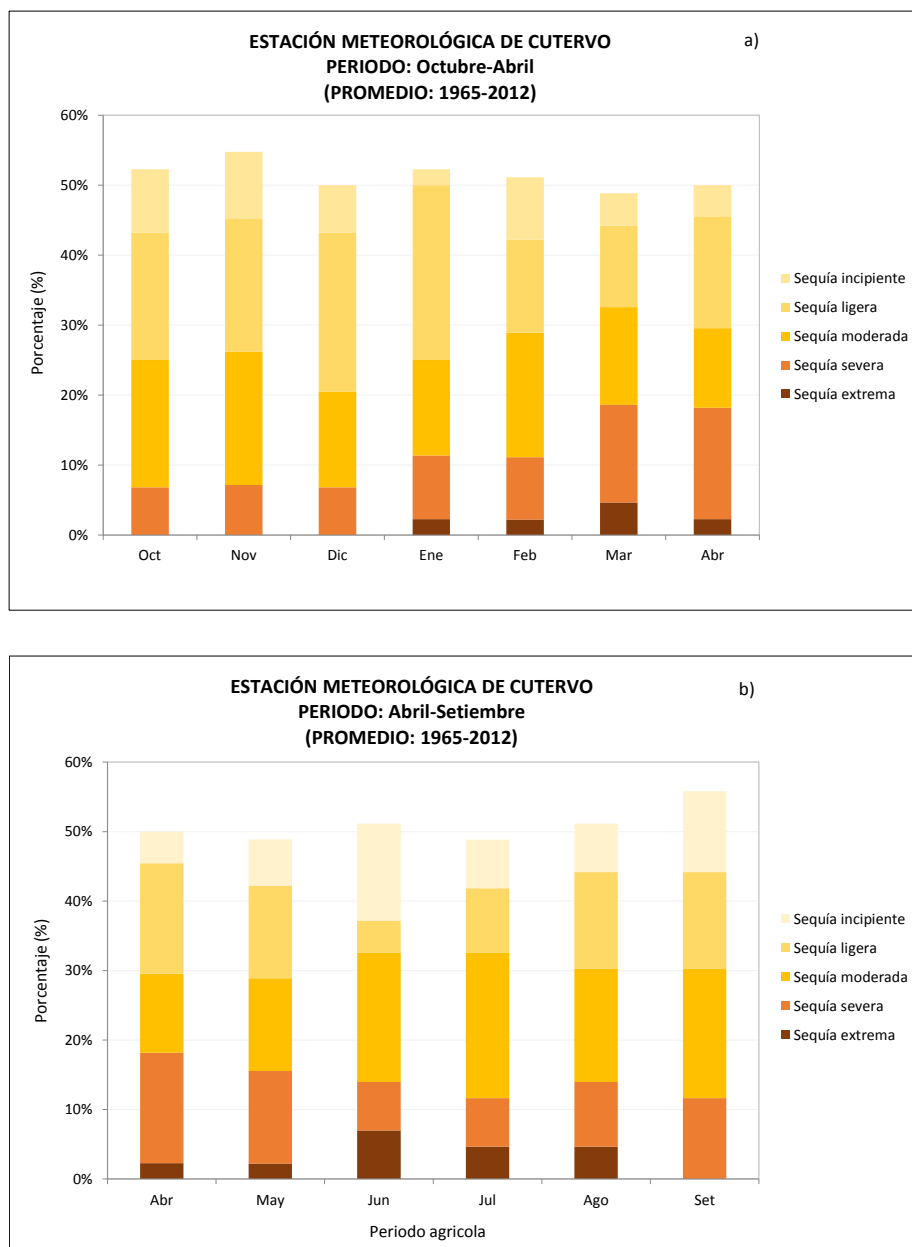
Fuente: Elaboración propia



En las Figuras 42a y 42b se observan que las sequías severas y extremas ocurren durante los dos periodos agrícolas de los cultivos priorizados.

En el período agrícola **octubre a abril**, las sequías extremas se presentan mayormente de enero a abril, con una mayor frecuencia en marzo (Figura 42a). En el período agrícola **abril a setiembre**, las sequías extremas ocurren principalmente de abril a agosto, con una mayor frecuencia en junio (Figura 42b). Asimismo en ambos periodos, se presentan sequías severas y moderadas durante todo el período de crecimiento y desarrollo de los cultivos priorizados.

Figura 42. Variación mensual de los tipos de sequías agrícolas durante el periodo agrícola octubre a abril (a) y abril a setiembre (b)



Fuente: Elaboración propia



## 6.5 EVAPOTRANSPIRACIÓN REFERENCIAL

La evapotranspiración referencial (ET<sub>o</sub>) expresa el poder evaporante de la atmósfera en una localidad y época del año específica, y depende de los parámetros climáticos (FAO, 2006b).

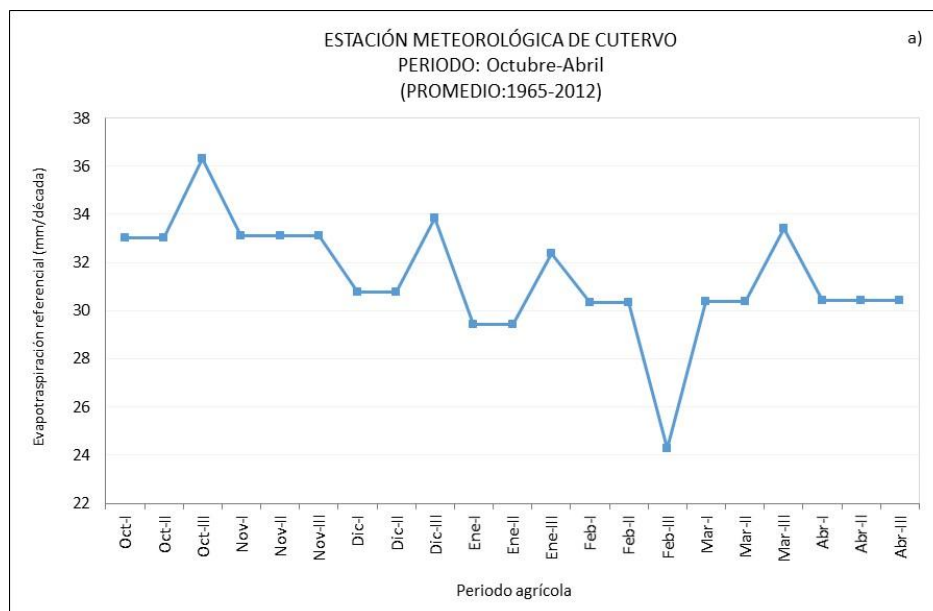
### 6.5.1 Distribución temporal

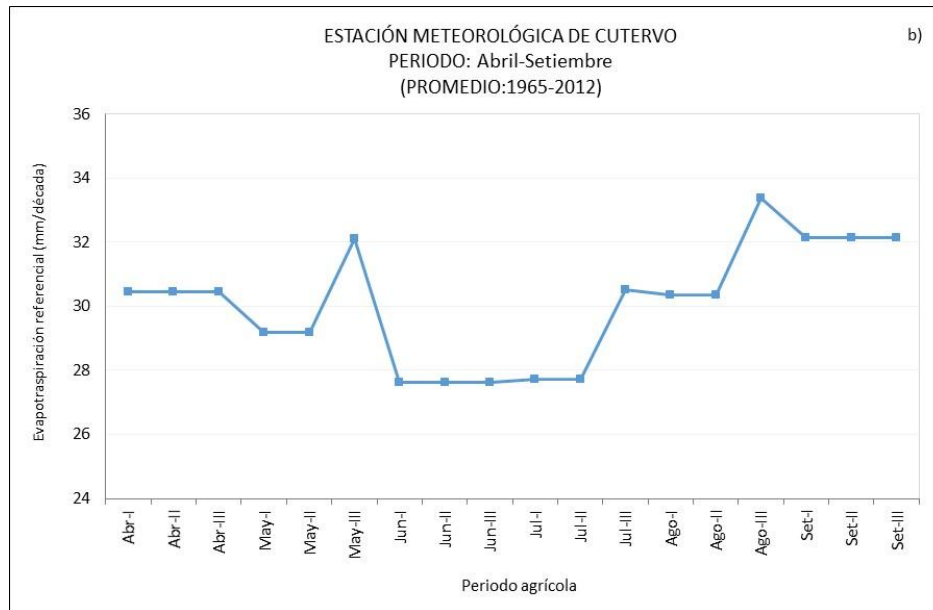
En el distrito de Cutervo, la mayor evapotranspiración referencial (ET<sub>o</sub>) ocurre durante la primavera, principalmente asociado a la menor cobertura nubosa. Valores bajos de ET<sub>o</sub> se presentan en el verano, debido a la mayor cobertura nubosa y elevada humedad atmosférica, en tanto que los menores valores de ET<sub>o</sub> se presentan en el invierno.

Durante el período agrícola **octubre a abril**, la ET<sub>o</sub> promedio es mayor durante los meses de octubre y noviembre, siendo la tercera década de octubre donde se registra el valor más alto (36,3 mm/década). El inicio de temporada de lluvias compensa, de alguna manera, la pérdida de humedad durante el crecimiento vegetativo del frijol, maíz amiláceo, maíz amarillo duro y papa (Figura 43a).

Durante el período agrícola **abril a setiembre**, los mayores valores de ET<sub>o</sub> promedio ocurren entre la tercera década de agosto y la tercera década de setiembre, periodo donde el cultivo de arveja se encuentra en su fase de maduración (Figura 43b). Sin embargo, es importante precisar que la pérdida de humedad durante el mes de julio perjudica la fase de floración, debido a que la cantidad de precipitación es menor que la ET<sub>o</sub>.

Figura 43. Comportamiento temporal promedio de la evapotranspiración referencial en la estación de Cutervo, durante los periodos agrícolas octubre a abril y abril a setiembre





Fuente: Valores estimados a partir de datos históricos de temperatura del aire del SENAMHI.  
Elaboración propia

## 6.5.2 Distribución espacial

### 6.5.2.1 A nivel estacional

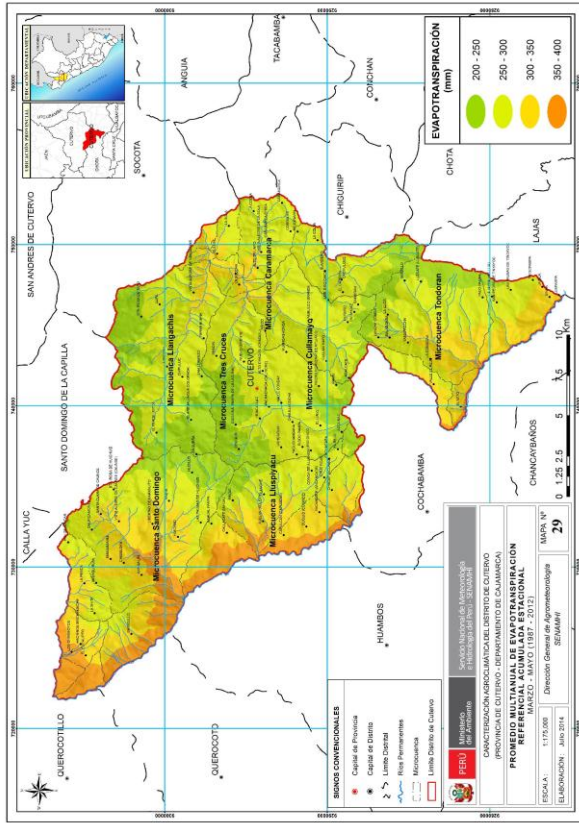
Los Mapas 28 al 31 muestran la distribución espacial de la evapotranspiración referencial, en el área de estudio, en las estaciones de verano, otoño, invierno y primavera.

En promedio, la evapotranspiración referencial para el distrito de Cutervo, varía de 150 mm a 500 mm durante el año. La mayor demanda evaporativa de la atmósfera se presenta en las partes más bajas del distrito, principalmente al oeste y la menor demanda a mayores altitudes, al centro, noreste y sureste del distrito.

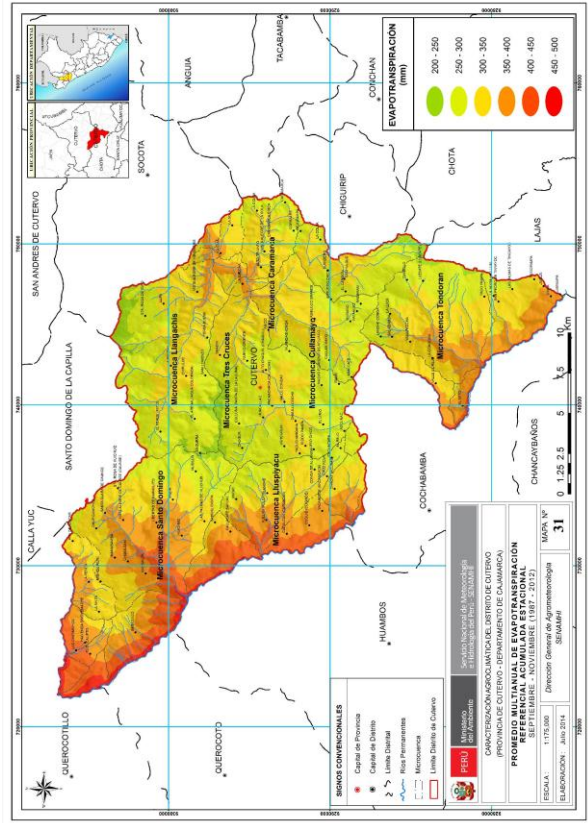
La mayor ETo se presenta en la estación de primavera, variando desde 200 mm a 500 mm, con predominancia de 250 mm a 350 mm en gran parte del distrito e incrementando hacia las partes bajas, al noreste y suroeste del distrito (350 mm a 400 mm) y hacia el límite oeste donde alcanza los 500 mm de evapotranspiración referencial en promedio. En la estación de verano, la ETo varía de 200 mm a 450 mm, también predominan los valores de 250 mm a 350 mm en mayor área, pero la mayor demanda evaporativa (valores superiores a los 350 mm) se restringen al suroeste y límite oeste del distrito.

Durante las estaciones de otoño e invierno el comportamiento de la ETo es similar, variando de 150 mm a 400 mm, con predominancia de valores de 150 mm a 300 mm en gran parte del distrito y con los mayores valores de ETo (350 mm a 400 mm) restringidos hacia el oeste, en las partes bajas del distrito.

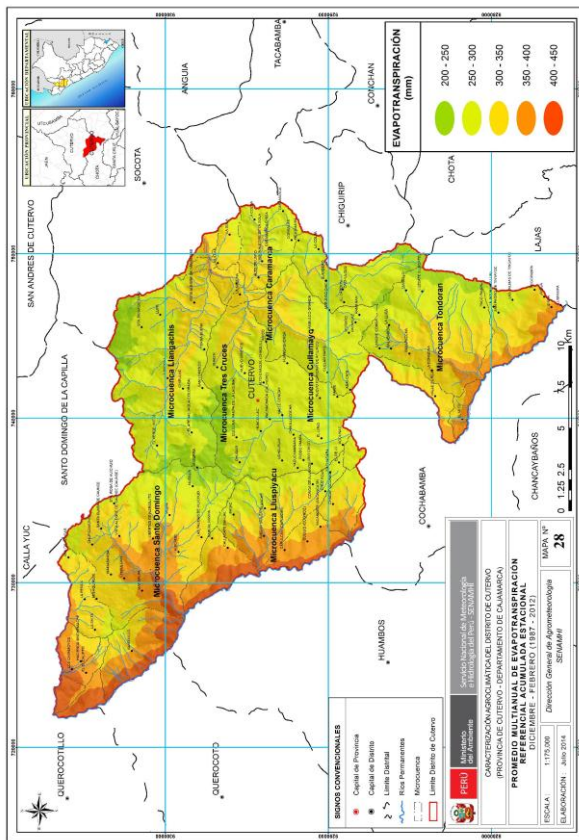
Mapa 29. Estación de otoño



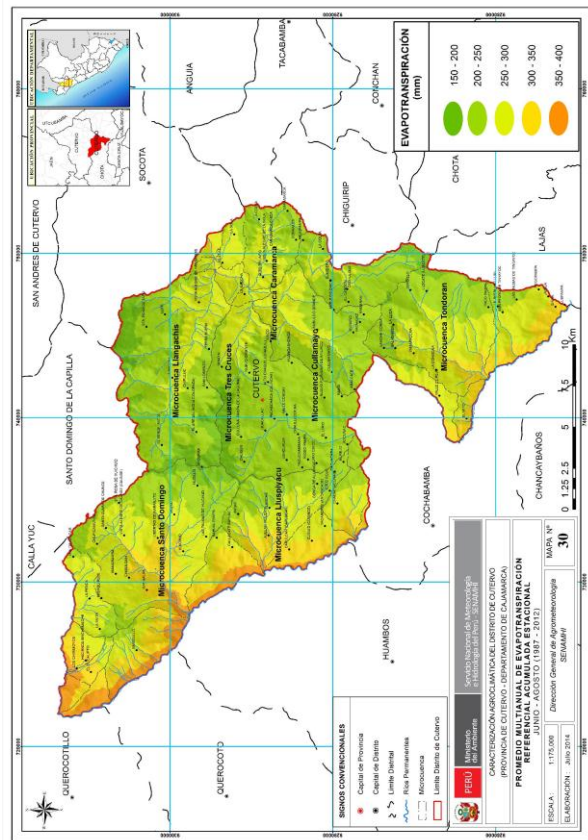
Mapa 31. Estación de primavera



Mapa 28. Estación de verano



Mapa 30. Estación de invierno



Distribución espacial de la evapotranspiración referencial en las estaciones de verano (Mapa 28), otoño (Mapa 29), invierno (Mapa 30) y primavera (Mapa 31)

### 6.5.2.2 A nivel de periodo agrícola

Los Mapas 32 y 33 muestran la distribución espacial de la evapotranspiración referencial, en el área de estudio, para los periodos agrícolas (octubre a abril y abril a setiembre) donde se producen los cultivos priorizados.

En el período agrícola **octubre a abril**, la evapotranspiración referencial acumulada varía entre los 500 mm a 1066 mm; registrando los menores valores (500 mm a 600 mm) en altitudes superiores a 2800 msnm (entre los caseríos Nudillo, Angurra, El Arenal y Chugur, noreste y sureste del distrito); valores de 600 mm a 800 mm abarcan la mayor extensión del distrito a excepción del suroeste y límite oeste donde se comienza a observar valores superiores a los 800 mm en altitudes inferiores a los 2000 msnm (sur y suroeste de la microcuenca Tondoran y parte baja de las microcuencas Santo Domingo y Lluspiyacu) (Mapa 32).

En el período agrícola **abril a setiembre**, la evapotranspiración referencial acumulada es menor, varía entre los 400 mm a 800 mm; predominando los valores de ETo de 400 mm a 700 mm en gran parte del distrito, e incrementando hacia las partes más bajas donde se observan valores de 700 mm a 800 mm hacia el oeste de las microcuencas Santo Domingo y Lluspiyacu (Mapa 33).

## 6.6 HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa es la medición más usual en agricultura y se refiere a la relación entre la cantidad de vapor de agua que posee el aire y la máxima cantidad que puede retener el aire a esa temperatura.

La humedad del aire afecta directamente la demanda de agua por las plantas y por ende las necesidades de riego, la nutrición mineral, la polinización de las flores, la incidencia de enfermedades, entre otros.

### 6.6.1 Distribución temporal

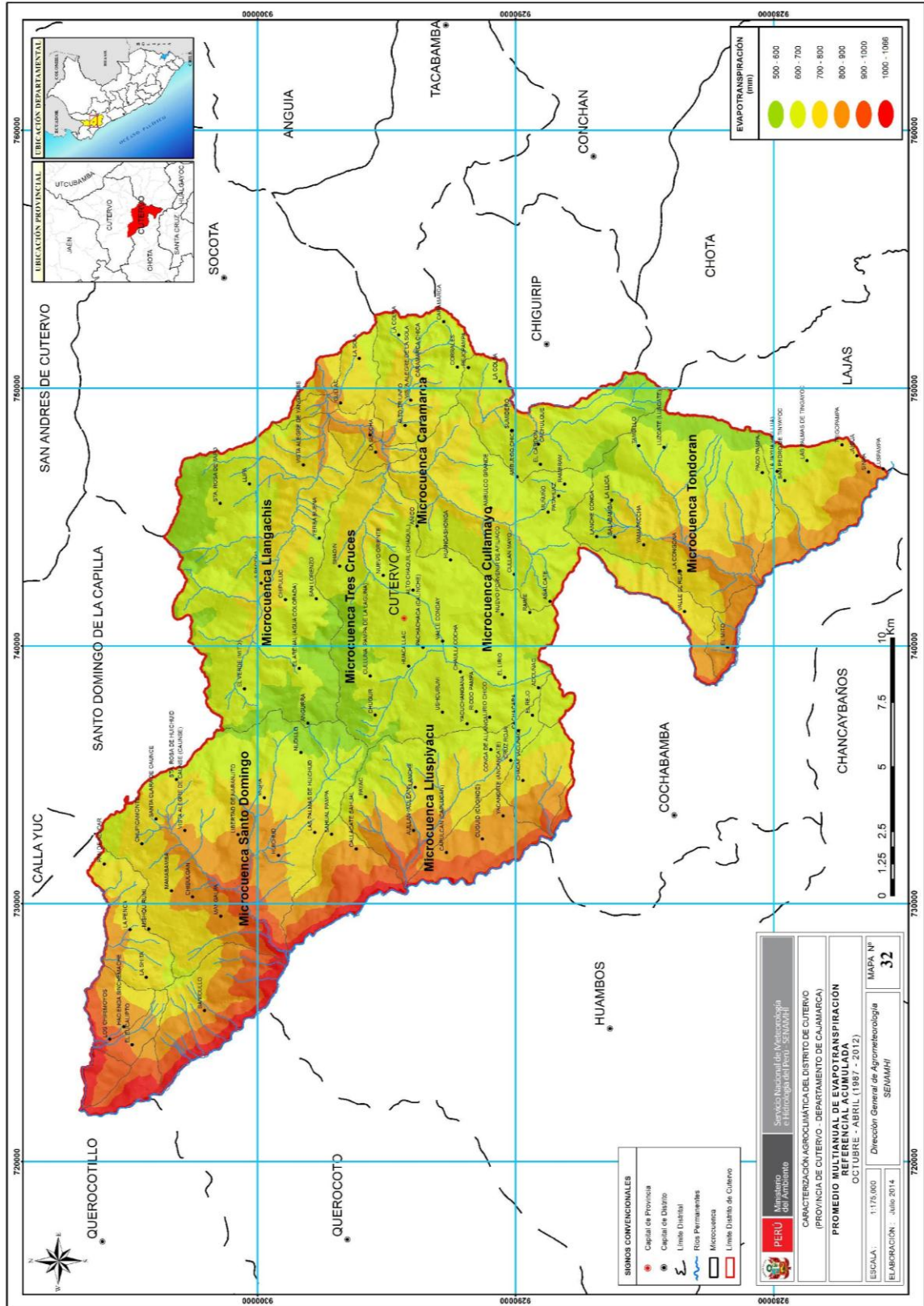
Por lo general, la mayor humedad relativa se asocia a la estación de mayor cobertura nubosa y de mayor frecuencia de lluvias. La humedad relativa disminuye principalmente hacia el invierno y la primavera donde se alcanzan los valores más bajos, asociado a la menor cobertura de nubes, elevadas temperaturas máximas, entre otros factores.

Durante el período agrícola **octubre a abril**, la humedad relativa promedio varía de 84% a 88%. Estas condiciones húmedas durante el crecimiento vegetativo, crecimiento reproductivo y maduración de los cultivos de frijol, maíz amiláceo, maíz amarillo duro y papa; podrían causar problemas en las plantas por la incidencia de enfermedades foliares tales como: botrytis, roya, carbón, rancho, entre otras; que sin las medidas preventivas pueden impactar sobre la productividad de los cultivos priorizados. (Figura 44a).

Durante el período agrícola **abril a setiembre**, la humedad relativa promedio oscila de 83% a 88%. El exceso de humedad ambiental en la arveja podría también afectar el crecimiento vegetativo de las plantas, por la incidencia de enfermedades durante los meses de abril a junio (Figura 44b).



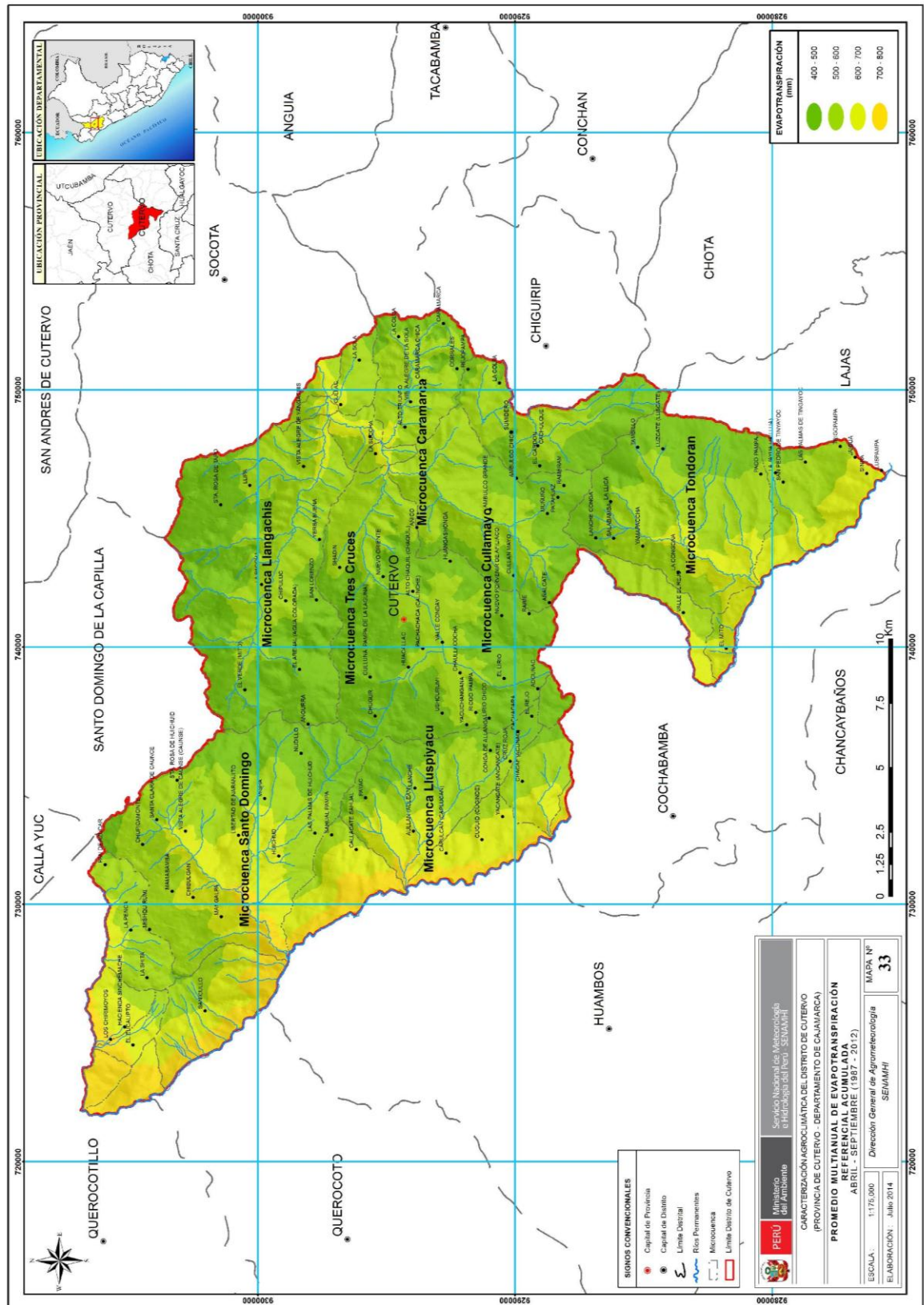
Mapa 32. Distribución espacial de la evapotranspiración referencial en el distrito de Cutervo (Periodo agrícola: Octubre-Abril)



Fuente: Elaboración propia

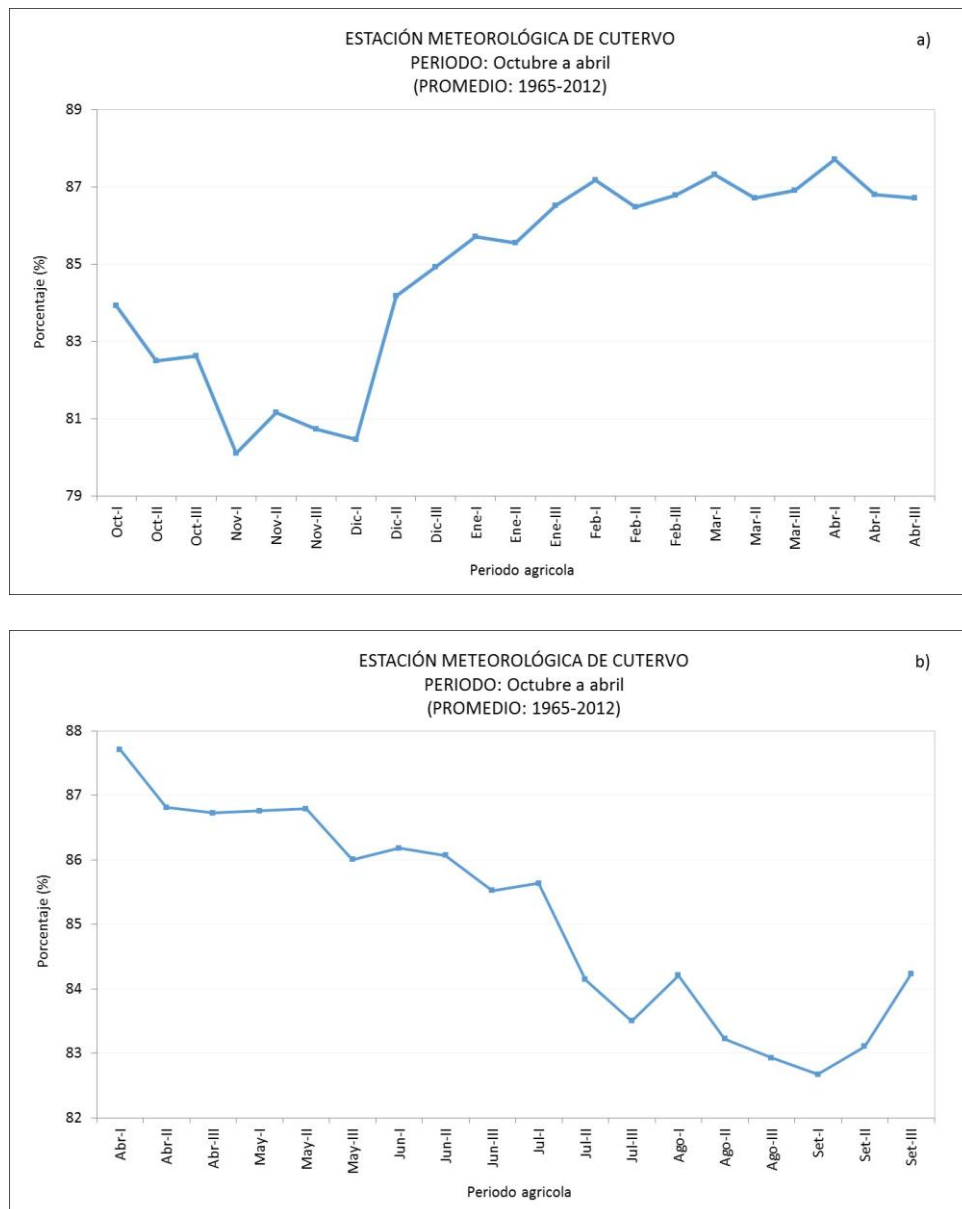


Mapa 33. Distribución espacial de la evapotranspiración referencial en el distrito de Cutervo (Periodo agrícola: Abril-Setiembre)



Fuente: Elaboración propia

Figura 44. Comportamiento temporal promedio de la humedad relativa en la estación de Cutervo, durante los periodos agrícolas octubre a abril y abril a setiembre



Fuente: Datos históricos de humedad relativa del SENAMHI. Elaboración propia

## 6.6.2 Distribución espacial

### 6.6.2.1 A nivel estacional

Los Mapas 34 al 37 muestran la distribución espacial de la humedad relativa, en el área de estudio, en las estaciones de verano, otoño, invierno y primavera.

En promedio, la humedad relativa en el distrito de Cutervo varía del 60% al 80% para todo el año, caracterizándose como más húmedas las zonas más elevadas.

Predominan en gran parte del distrito valores de humedad relativa entre el 80% al 90%, incrementando del 90% al 100% en zonas por encima de los 2800 msnm, con mayor extensión en las estaciones de otoño, verano e invierno asociados a la advección de humedad proveniente de la cuenca amazónica.

Los menores valores de humedad relativa se registran en las zonas más bajas del distrito, principalmente hacia el límite oeste de las microcuencas de Santo Domingo y Lluspiyacu, donde la humedad se reduce hasta el 60 % al 70% en las estaciones de verano y otoño.

#### 6.6.1.2 A nivel de periodo agrícola

Los Mapas 38 y 39 muestran la distribución espacial de la humedad relativa, en el área de estudio, para los periodos agrícolas (octubre a abril y abril a setiembre) donde se producen los cultivos priorizados.

En el período agrícola **octubre a abril**, la humedad relativa promedio en el distrito varía entre el 65% al 100%. Predominan valores de humedad del 75 % al 90 %, incrementándose de 90% al 100% en las partes más altas, por encima de los 2800 msnm al centro, noreste y sureste del distrito. La menor humedad relativa (65% a 75%) se aprecia en las partes bajas del distrito y límite oeste de las microcuencas de Santo Domingo y Lluspiyacu (Mapa 38).

En el período agrícola **abril a setiembre**, la humedad relativa promedio en el distrito varía entre el 70% al 100%. El comportamiento espacial de la humedad relativa es similar al período **octubre a abril**, la diferencia sólo se observa en las partes más bajas, donde la humedad alcanza valores entre el 70 % al 75 % (Mapa 39).

### 6.7 HORAS DE SOL

El número de horas de sol estima la irradiación solar, ésta cumple una función decisiva en la fotosíntesis de las plantas a través de la asimilación del CO<sub>2</sub> de la atmósfera y transformación de los hidratos de carbono asociados al crecimiento y desarrollo de los cultivos.

#### 6.7.1 Distribución temporal

Las Figuras 45a y 45b presentan el comportamiento temporal promedio, a nivel mensual, de las horas de sol en la estación de Cutervo.

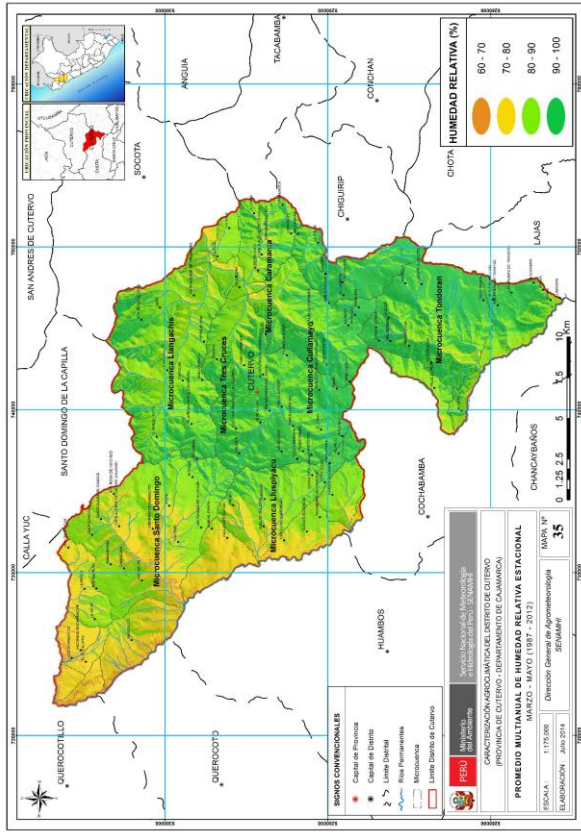
Por lo general, su comportamiento temporal durante el año, se asocia a la cobertura nubosa de la atmósfera, es menor el número de horas de sol durante la estación lluviosa del verano y es mayor entre la estación del invierno y la primavera.

En el período agrícola **octubre a abril**, las horas de sol en promedio varían de 4,3 horas/mes a 6,4 horas/mes, alcanzando su mayor valor en noviembre (6,4 horas/mes) y el menor en marzo (Figura 45a).

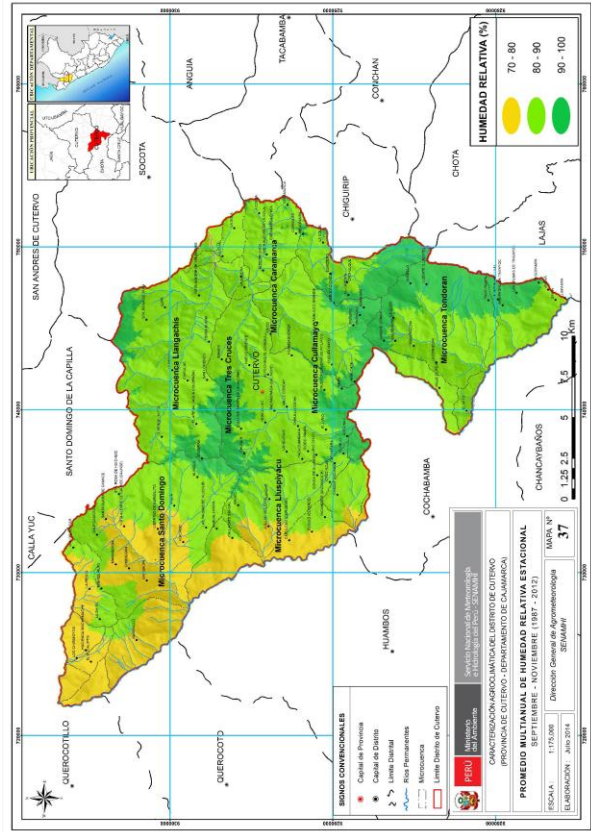
En el periodo agrícola **abril a setiembre**, las horas de sol en promedio oscilan de 4,5 horas/mes a 5,5 horas/mes. A partir del mes de julio hacia el final del periodo, las horas de sol tienden a incrementarse alcanzando su máximo valor en setiembre (5,5 horas/mes); tal como se muestra en la Figura 45b.



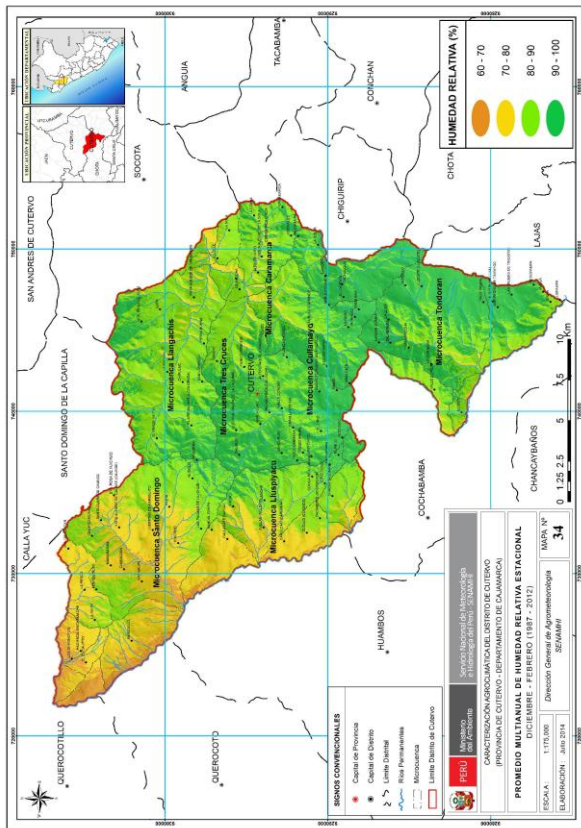
Mapa 35. Estación de otoño



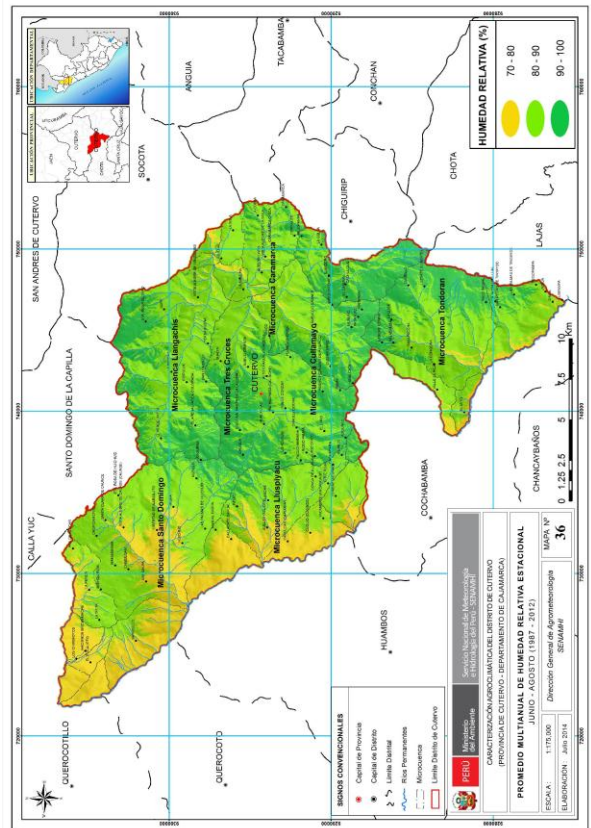
Mapa 37. Estación de primavera



Mapa 34. Estación de verano

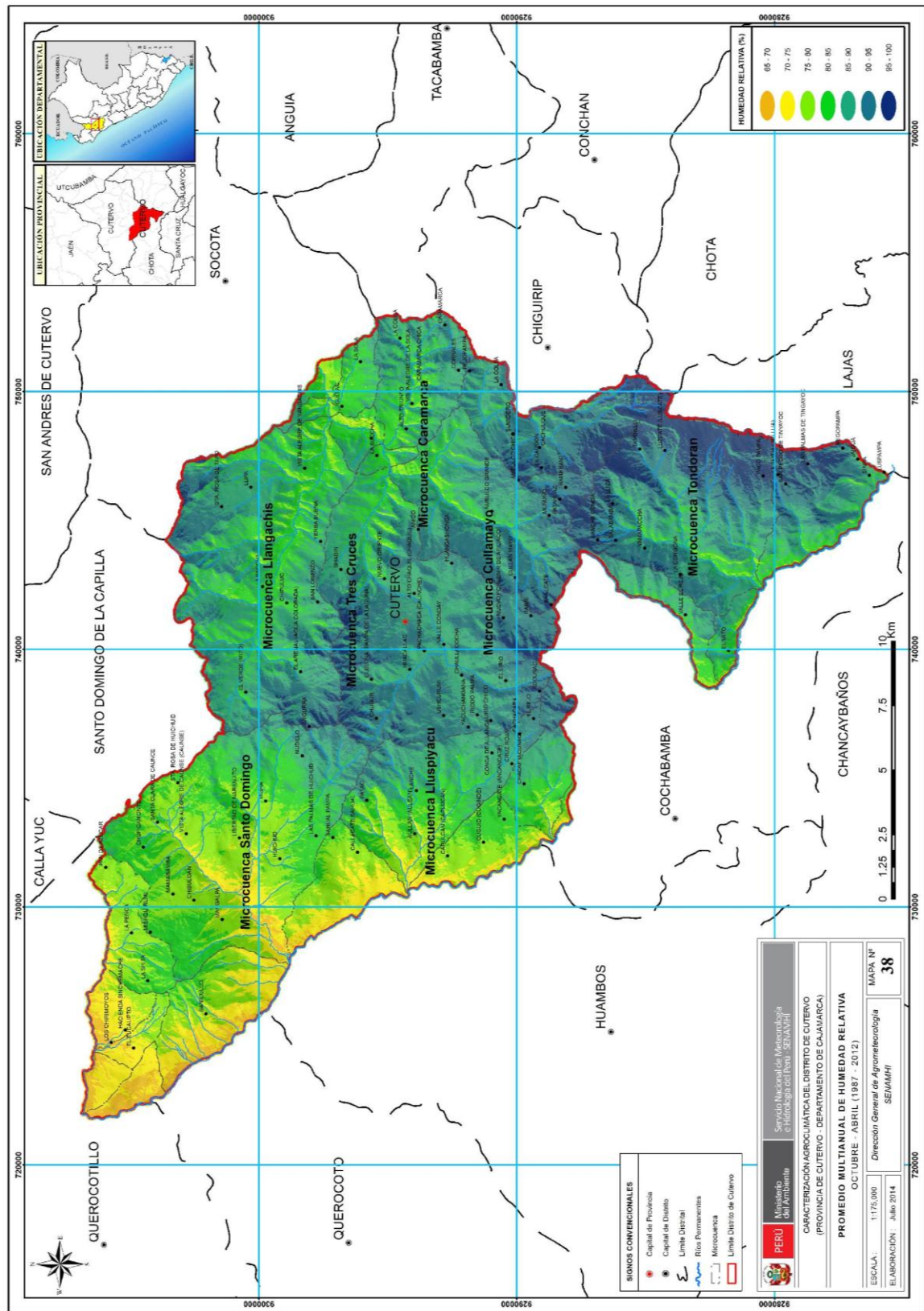


Mapa 36. Estación de invierno



Distribución espacial de la humedad relativa en las estaciones de verano (Mapa 34), otoño (Mapa 35), invierno (Mapa 36) y primavera (Mapa 37)

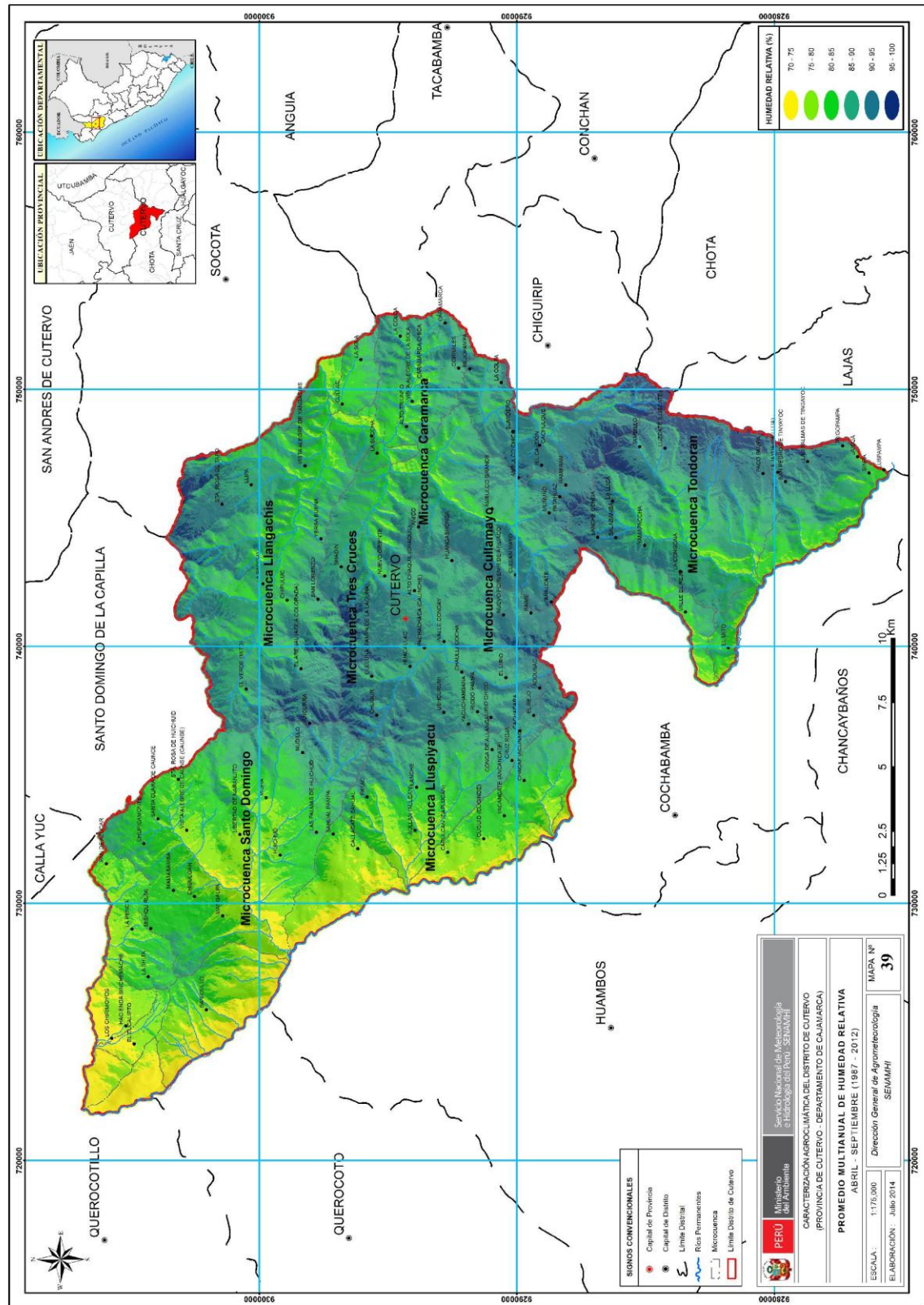
Mapa 38. Distribución espacial de la humedad relativa en el distrito de Cutervo (Periodo agrícola: Octubre-Abril)



Fuente: Elaboración propia

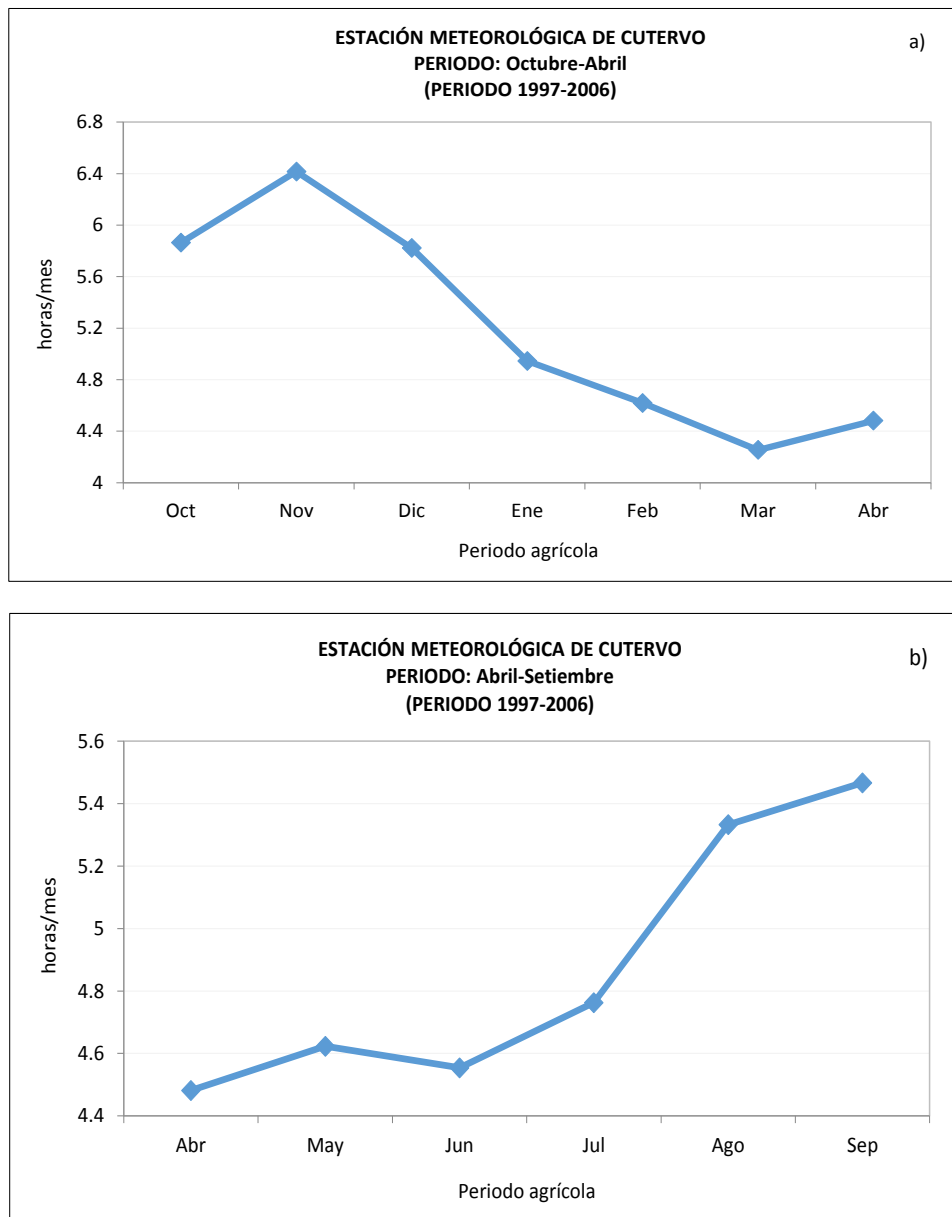


Mapa 39. Distribución espacial de la humedad relativa en el distrito de Cutervo (Periodo agrícola: Abril-Setiembre)



Fuente: Elaboración propia

Figura 45. Comportamiento temporal promedio de las horas de sol en la estación de Cutervo, durante los periodos agrícolas octubre a abril y abril a setiembre



Fuente: Valores estimados a partir de datos históricos de temperatura del aire del SENAMHI. Elaboración propia

## 6.8 VIENTO

Los vientos son movimientos de aire determinados por la variación espacial y temporal del balance de energía en la superficie terrestre. Su acción sobre el ambiente y la vegetación tiene varias e importantes connotaciones para la producción agrícola. Si la velocidad del viento es superior al rango óptimo que requiere la planta, puede afectar la transpiración, el estado hídrico, el crecimiento, la fotosíntesis, la polinización de las flores, la caída de hojas y frutos (daño mecánico), la diseminación de plagas, la degradación y erosión de los suelos, entre otros.

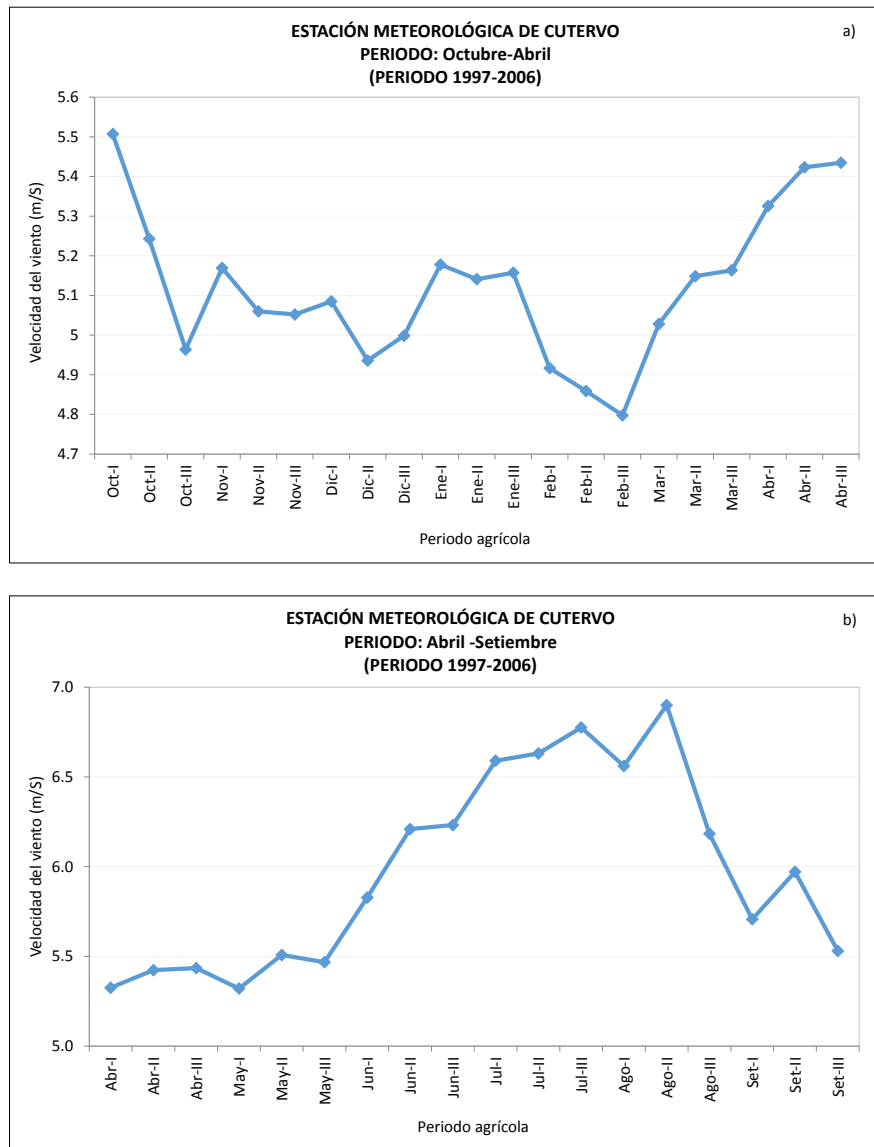
### 6.8.1 Distribución temporal

Las Figuras 46a y 46b muestran el comportamiento temporal promedio, a nivel decadiario, de la velocidad del viento en la estación de Cutervo. Por lo general, los vientos más intensos se presentan en el invierno y parte de la primavera, disminuyendo hacia el verano y otoño.

En el periodo agrícola **octubre a abril** la velocidad del viento promedio oscila de 4,8 m/s a 5,5 m/s y en el periodo **abril a setiembre** varía de 5,3 m/s a 6,9 m/s.

En el distrito de Cutervo, las menores velocidades del viento se registran en la estación de verano (de 4,8 m/s a 5,2 m/s) y las mayores en el invierno (de 5,8 m/s a 6,9 m/s). Esto último se explica por el fortalecimiento del flujo noreste de los vientos alisios (Quispe et al, 2012).

Figura 46. Comportamiento temporal promedio de la velocidad del viento en la estación de Cutervo, durante los periodos agrícolas octubre a abril y abril a setiembre



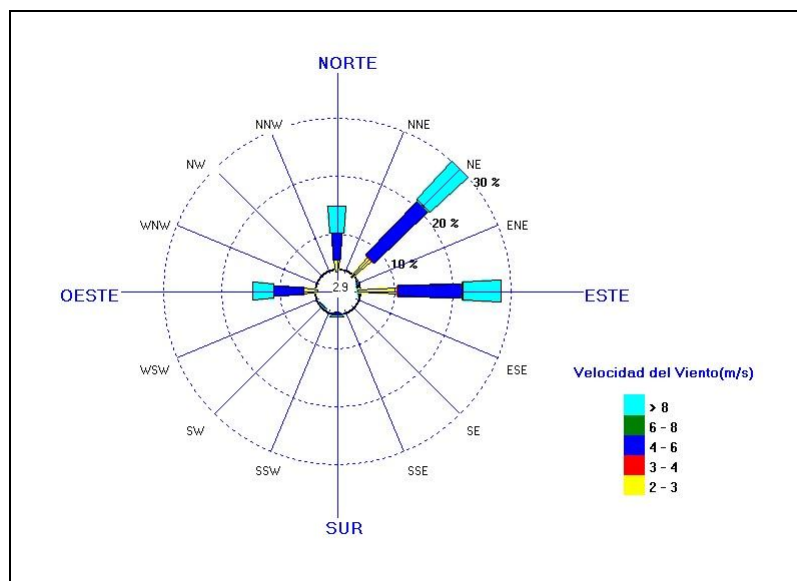
Fuente: Valores estimados a partir de datos históricos de temperatura del aire del SENAMHI.  
Elaboración propia

### 6.8.2 Distribución estacional

En las Figuras 47a y 47b se presentan las rosas de viento (dirección y velocidad) para la estación de Cutervo, a nivel promedio multianual y asimismo promedio para cada una de las estaciones del año (período 1997-2006).

A nivel promedio anual, los vientos predominantes son de dirección noreste y este, con frecuencias de 35% y 32% respectivamente, en menor frecuencia se presentan vientos de dirección norte y oeste (15%). Asimismo, el 47% de los vientos son de velocidad moderada (4 m/s a 6 m/s), 32% de vientos fuertes (mayores a 8 m/s) y 21% de vientos débiles (menor a 3 m/s).

Figura 47a. Rosa de viento promedio anual en la estación de Cutervo (Periodo 1997-2006)



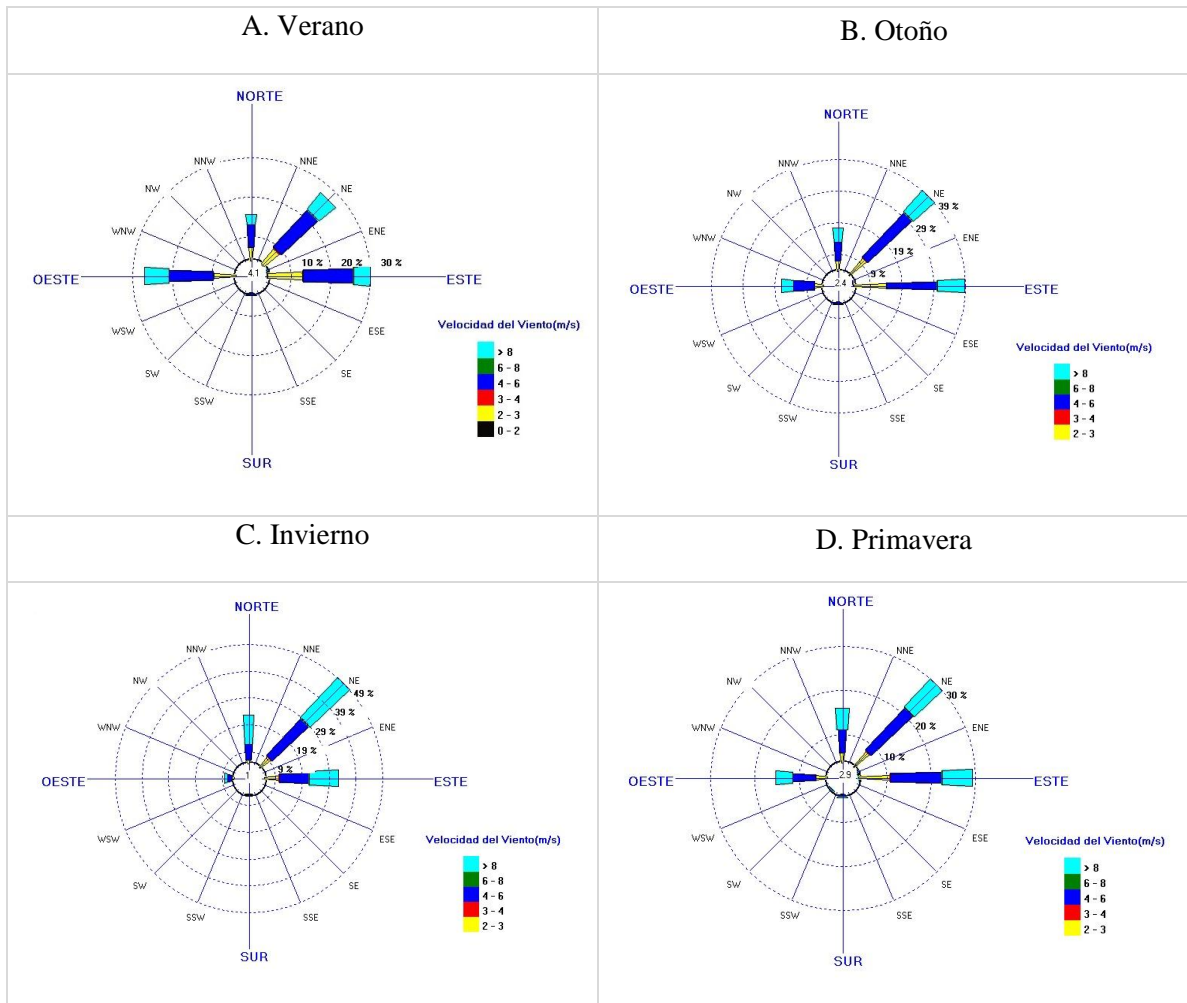
Fuente: SENAMHI

A nivel estacional, en promedio en la primavera y otoño predominan los vientos de dirección noreste y este, con frecuencias promedio del 33% y 35% para ambos casos respectivamente y menor frecuencia de vientos de dirección norte y oeste (13% a 16%). La mayor ocurrencia es de vientos de intensidad moderados (48%) y fuertes (29%).

En el verano, predominan los vientos de dirección este, noreste y oeste, con frecuencias promedio del 29%, 26% y 26% respectivamente y una menor predominancia de vientos del norte (13%). La mayor ocurrencia de vientos es de intensidad moderada (51%), le siguen en frecuencia los vientos débiles (27%) y fuertes (22%). Se presenta un mayor porcentaje de calmas.

En el invierno, los vientos predominantes son de dirección noreste (47%), le siguen en menor frecuencia los vientos del este (29%) y del norte (19%). En este caso, el 46% de vientos son de intensidad moderada y un 32% de vientos de intensidad fuertes, como se observa, la estación de invierno presenta estacionalmente la mayor frecuencia de vientos fuertes y el menor porcentaje de calmas.

Figura 47b. Rosa de viento promedio estacional en la estación de Cutervo (Periodo 1996-2006)



Fuente: SENAMHI

## 6.9 BALANCE HÍDRICO AGRÍCOLA

El balance hídrico agrícola permite mostrar los períodos de almacenamiento de agua, recarga, déficit y exceso, de acuerdo al tipo de cultivo y su fase fenológica.

Para el cultivo de arveja, se evaluó el balance hídrico para el período agrícola **abril a setiembre** durante condiciones promedio (1965-2012), condiciones de campaña lluviosa (2008-09) y condiciones de campaña deficitaria (1994-95).

Para los cultivos de fríjol, maíz amarillo duro, maíz amiláceo y papa se evaluó el balance hídrico para el período agrícola **octubre a abril**, asimismo para condiciones promedio (1965-2012) y condiciones de campaña lluviosa (2011-12) y campaña deficitaria (1979-80).



### 6.9.1 Arveja

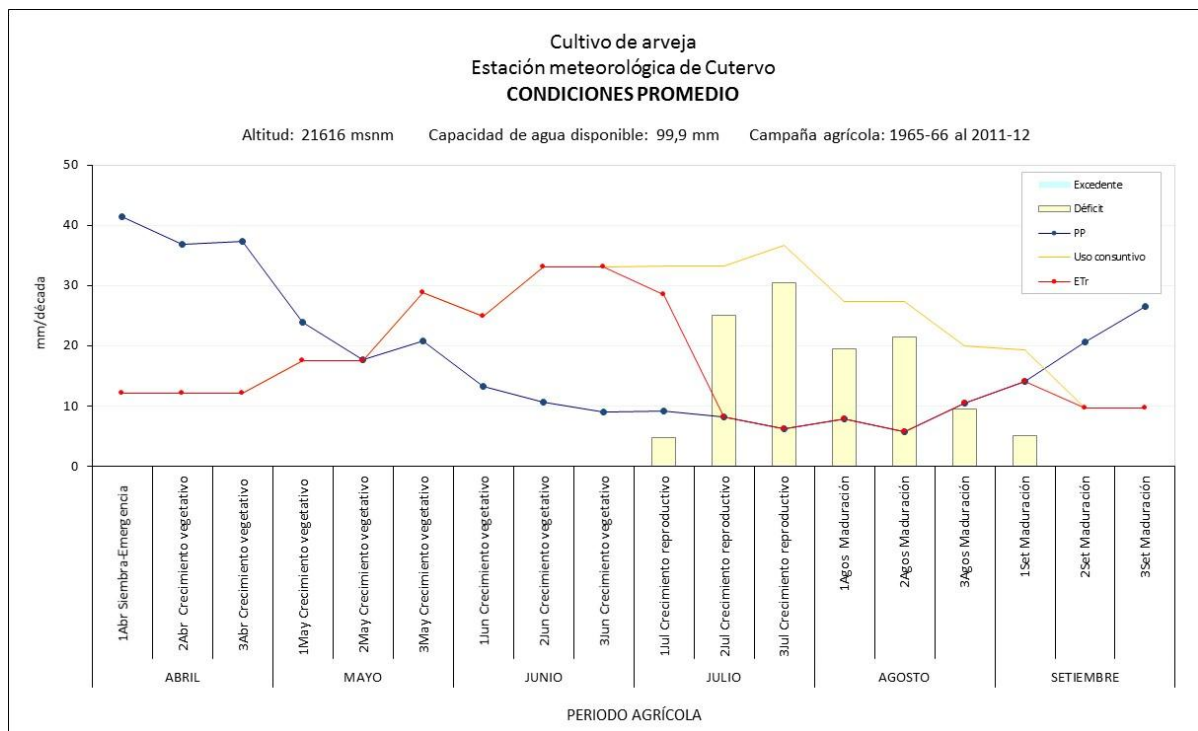
#### Condiciones promedio

La arveja es un cultivo exigente en agua, si la misma no está disponible en gran volumen y en corto tiempo, es inevitable la pérdida de la productividad y/o el deterioro de la calidad del grano (Amma et al, 1987).

En promedio, las precipitaciones que se registran en el distrito de Cutervo mantienen el suelo húmedo principalmente entre la primera década de abril a la tercera década de junio. Durante este periodo se favorecen las labores de siembra, la emergencia de plántulas y los estadios iniciales e intermedios del crecimiento vegetativo de las plantas.

Sin embargo, la escasez de lluvias que se presentan entre la primera década de julio a la primera década de setiembre no satisface la demanda hídrica del cultivo de arveja, pudiendo afectarse la polinización y fecundación de las flores, así como el llenado y la maduración de vainas, principalmente en áreas agrícolas bajo secano. Por lo que debe ser habitual que los productores agrarios apliquen riegos complementarios, durante estas fases del cultivo para atenuar el impacto de la falta de humedad en el suelo (Figura 48).

Figura 48. Balance hídrico para el cultivo de arveja, bajo condiciones promedio



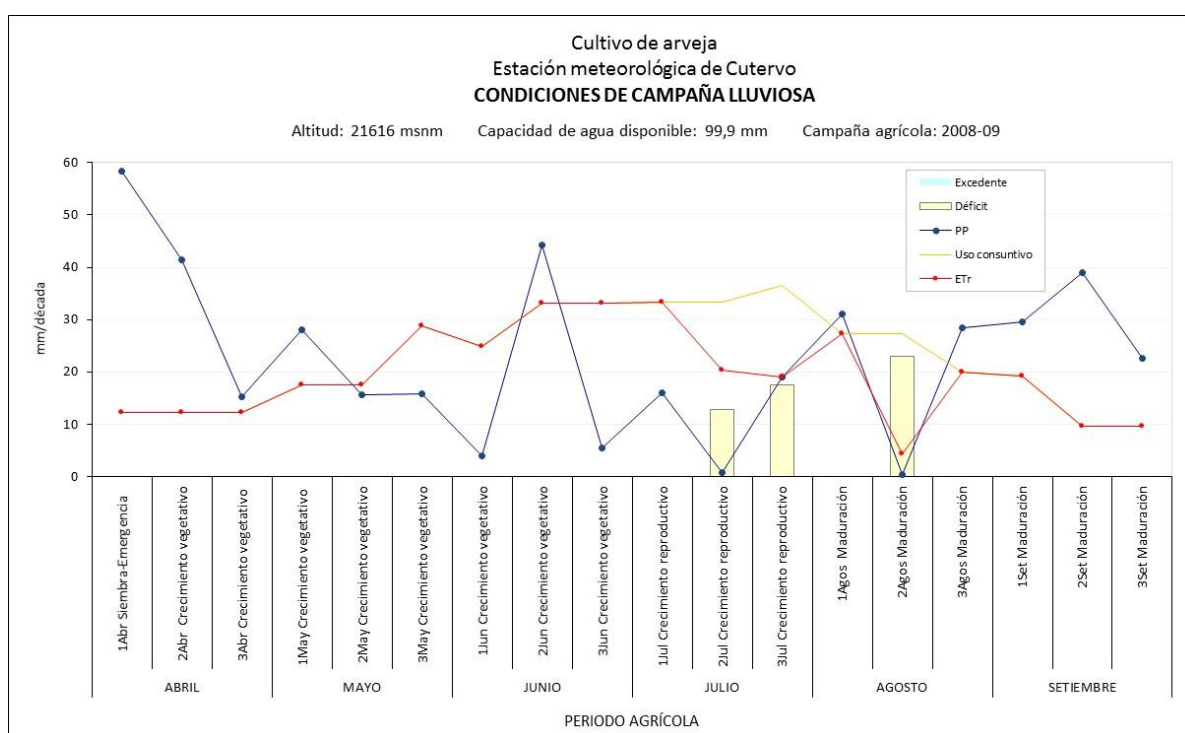
Fuente: Elaboración propia

## Campaña agrícola lluviosa

Durante la campaña agrícola 2008-09, donde se presentaron lluvias por encima de sus valores normales, se observa que éstas compensaron parte de la demanda hídrica del cultivo de arveja principalmente en las fases fenológicas de emergencia y desarrollo de hojas (primera década de abril a primera década de julio). Sin embargo, las precipitaciones fueron deficientes durante la etapa reproductiva de las plantas (Figura 49).

Por lo tanto, para este cultivo es importante la provisión de riegos complementarios, principalmente en áreas agrícolas bajo secano.

Figura 49. Balance hídrico para el cultivo de arveja, bajo condiciones agrícolas lluviosas



Fuente: Elaboración propia

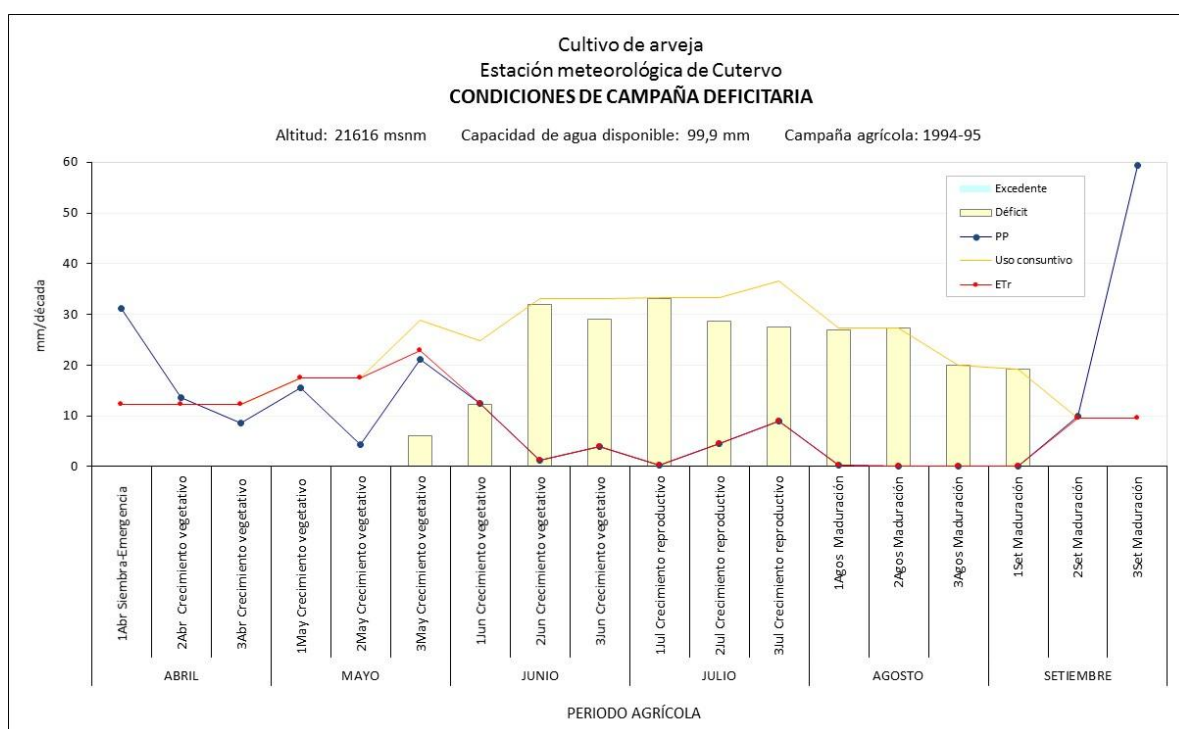
## Campaña agrícola deficitaria

Durante la campaña agrícola 1994-95, las lluvias favorecieron las fases fenológicas de emergencia e inicios del desarrollo de hojas (primera y segunda década de abril). Sin embargo, las precipitaciones luego se tornaron insuficientes y podrían haber retrasado el desplegamiento de hojas y alargamiento de entrenudos en las plantas (tercera década de abril a la segunda década de mayo).

El mayor impacto en la arveja podría haberse presentado entre la segunda década de junio a la segunda década de agosto, debido a que se habría perjudicado la tasa fotosintética de la planta, la floración, la movilización de fotosintatos hacia las vainas y la maduración; principalmente en áreas agrícolas de secano (Figura 50).

Los especialistas mencionan que la deficiencia de humedad en la etapa crítica del cultivo reduce la productividad de la arveja hasta en un 60%. La sequía antes y durante la floración causa las mayores pérdidas en rendimiento a causa de la mayor reducción del número de vainas, principal componente del rendimiento (Martin y Jamieson, 1996).

Figura 50. Balance hídrico para el cultivo de arveja, bajo condiciones agrícolas deficitarias



Fuente: Elaboración propia

## 6.9.2 Fríjol

### Condiciones promedio

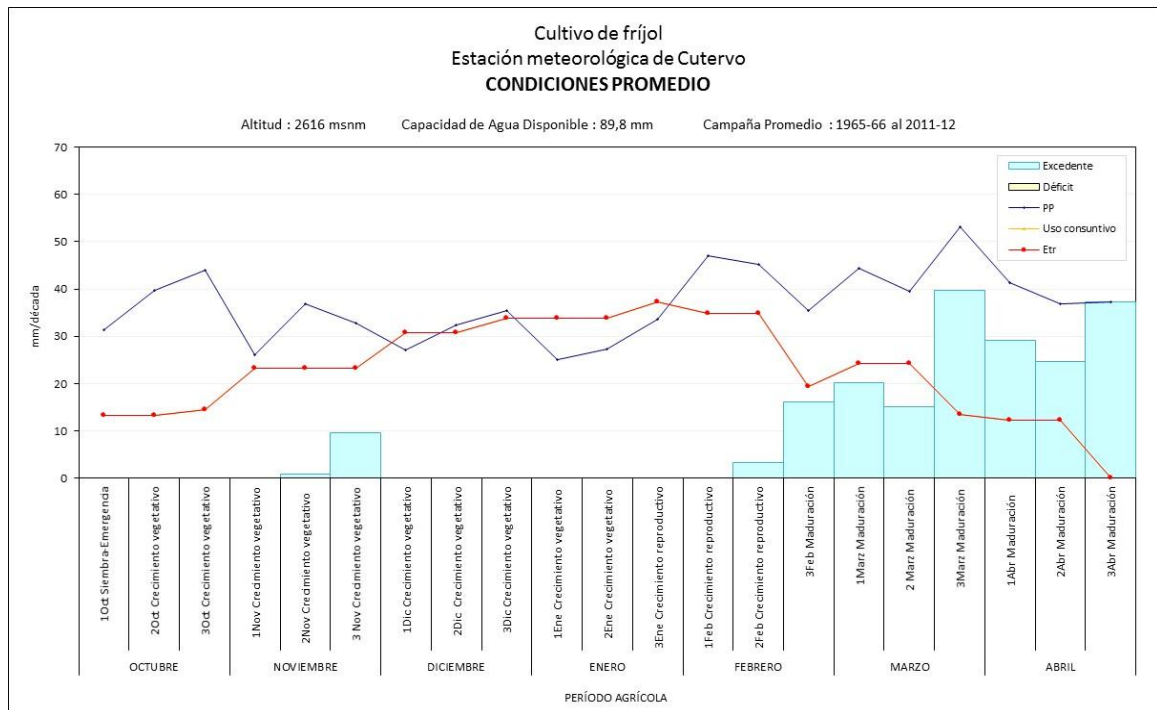
En general, la cantidad de precipitación promedio que se registra en el distrito de Cutervo satisface los requerimientos hídricos del cultivo de fríjol para sus diferentes fases fenológicas, incluso, hasta llegar a ser excesiva para la formación, llenado y maduración de vainas (Figura 51).

### Campaña agrícola lluviosa

Durante la campaña agrícola 2011-12, el balance hídrico presentó excesos de humedad para todas las fases fenológicas del cultivo de fríjol (Figura 52).

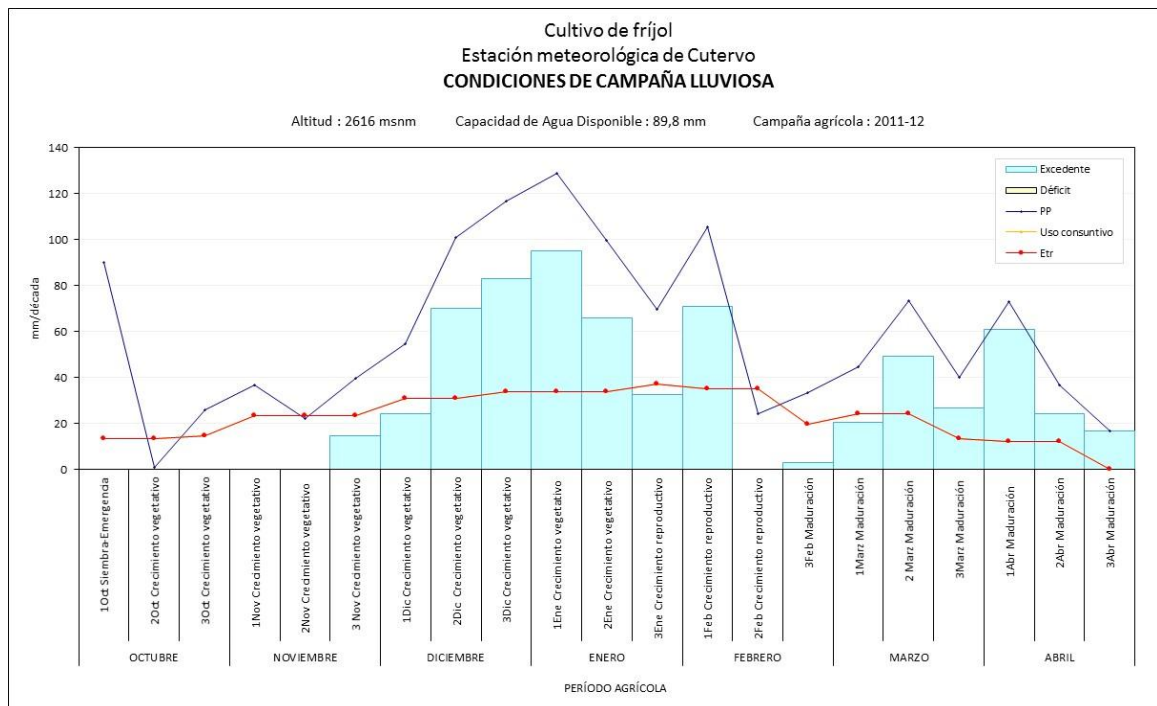
Al respecto, es importante considerar que el exceso de humedad puede afectar la producción de biomasa en la parte aérea (tallos, hojas), la polinización y fecundación de las flores, así como la maduración de vainas; asimismo favorece la ocurrencia de enfermedades foliares (botrytis, roya, entre otros) que afectan la productividad del fríjol, si es que no se toman las medidas preventivas o de control a base de fungicidas o biocidas.

Figura 51. Balance hídrico para el cultivo de fríjol grano seco, bajo condiciones promedio



Fuente: Elaboración propia

Figura 52. Balance hídrico para el cultivo de fríjol, bajo condiciones agrícolas lluviosas



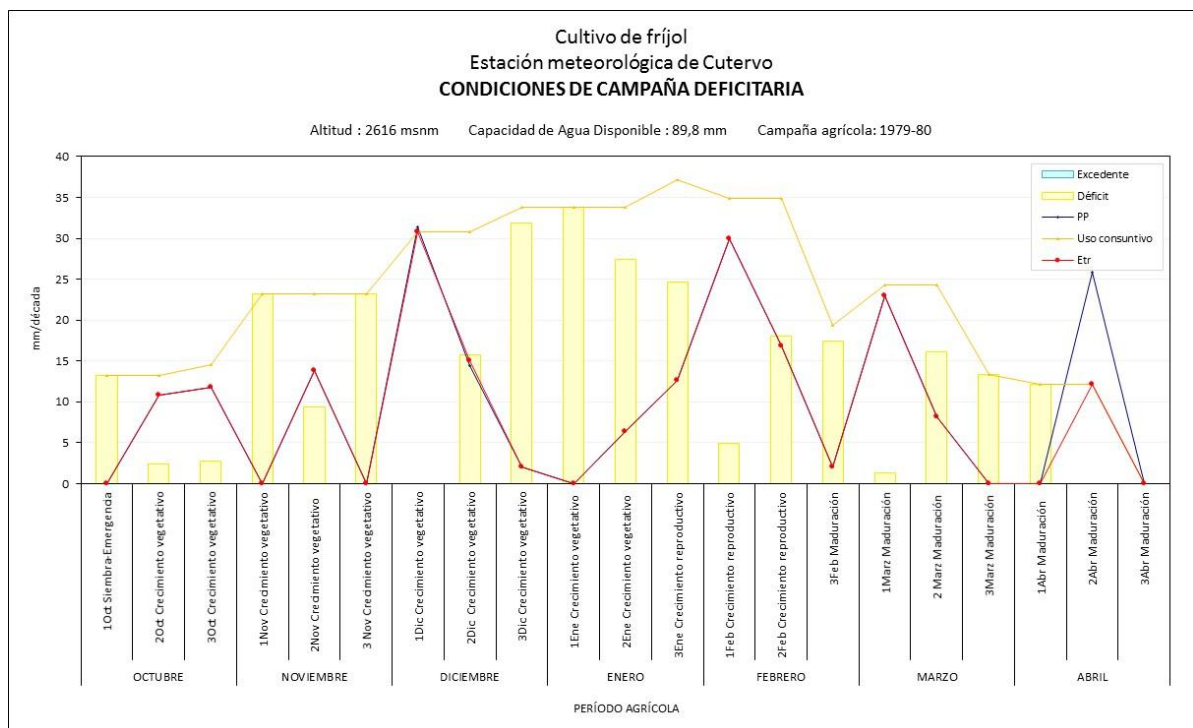
Fuente: Elaboración propia

### Campaña agrícola deficitaria

El estrés hídrico presentado en la campaña agrícola 1979-80, fue recurrente durante todo el periodo vegetativo del cultivo de frijol, pudiendo haber perjudicado los procesos fisiológicos de las plantas, principalmente durante la tercera década de enero a la segunda década de febrero, período crítico en la planta por encontrarse en la fase fenológica de floración (Figura 53).

La floración es la de mayor susceptibilidad del frijol, ya que se afecta en mayor proporción uno de los componentes más importantes del rendimiento: número de vainas por planta (Nielsen y Nelson, 1998).

Figura 53. Balance hídrico para el cultivo de frijol, bajo condiciones agrícolas deficitarias



Fuente: Elaboración propia

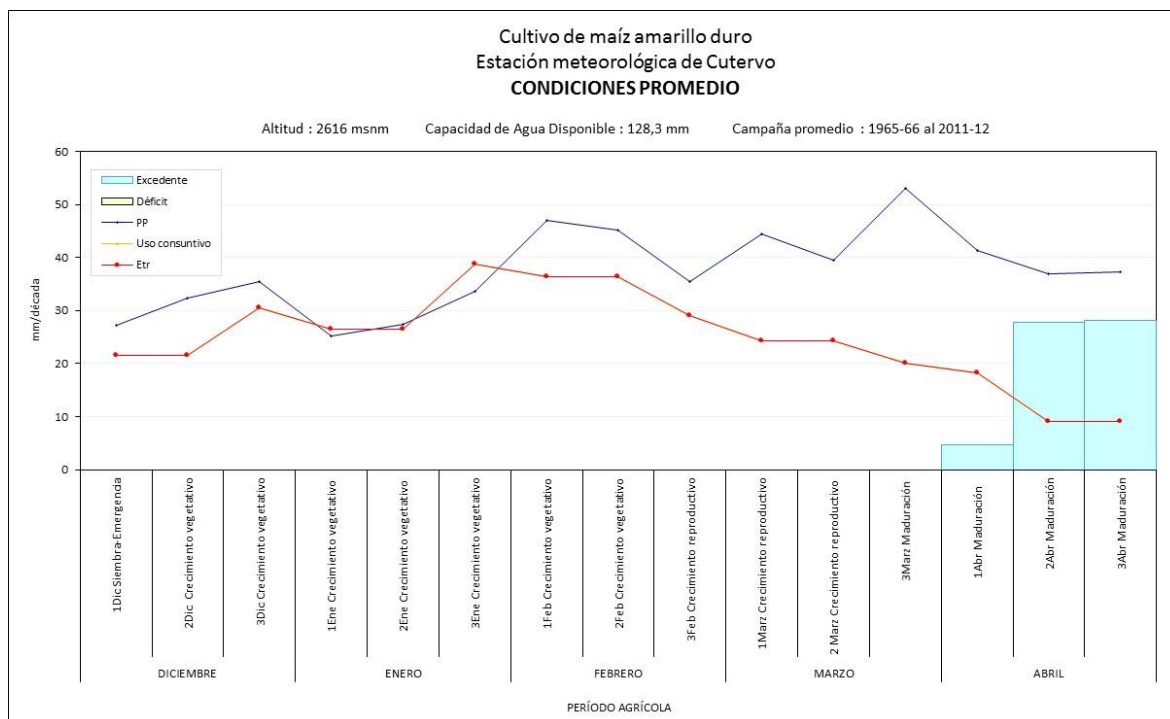
### 6.9.3 Maíz amarillo duro

#### Condiciones promedio

En promedio, las precipitaciones que se registran en el distrito de Cutervo permiten satisfacer las necesidades hídricas del cultivo de maíz amarillo duro durante el crecimiento vegetativo, reproductivo y maduración, aunque, los excesos de humedad al final de la campaña podrían retrasar ligeramente el secado de mazorcas (Figura 54).



Figura 54. Balance hídrico para el cultivo de maíz amarillo duro, bajo condiciones promedio



Fuente: Elaboración propia

### Campaña agrícola lluviosa

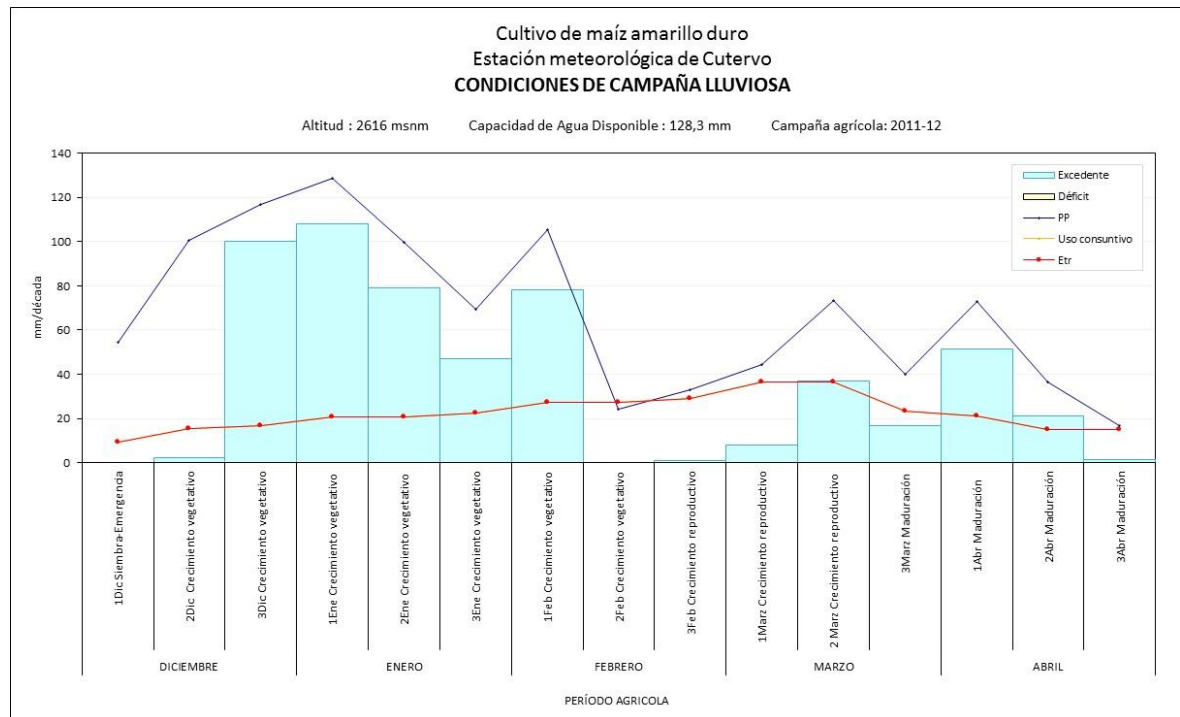
En la campaña agrícola 2011-12, la cantidad de precipitación registrada durante la primera y segunda década de diciembre favoreció las labores de siembra y las fases fenológicas de germinación y emergencia de plántulas. Sin embargo, las lluvias excesivas a partir de la tercera década de diciembre pudieron haber afectado el crecimiento vegetativo, limitando la respiración de las raíces y la absorción de nutrientes; asimismo en la etapa reproductiva pudieron afectarse la polinización de las flores, debido al daño mecánico de las lluvias al acarrear los granos de polen (Paliwal et al, 2001). El proceso de maduración también pudo haberse retardado, afectándose así, la calidad de los granos (Figura 55).

### Campaña agrícola deficitaria

La precipitación total que se registró en la campaña agrícola 1979-80, fue deficitaria y muy inferior al umbral mínimo que requiere el cultivo de maíz amarillo duro para satisfacer la demanda hídrica en todas sus fases fenológicas.

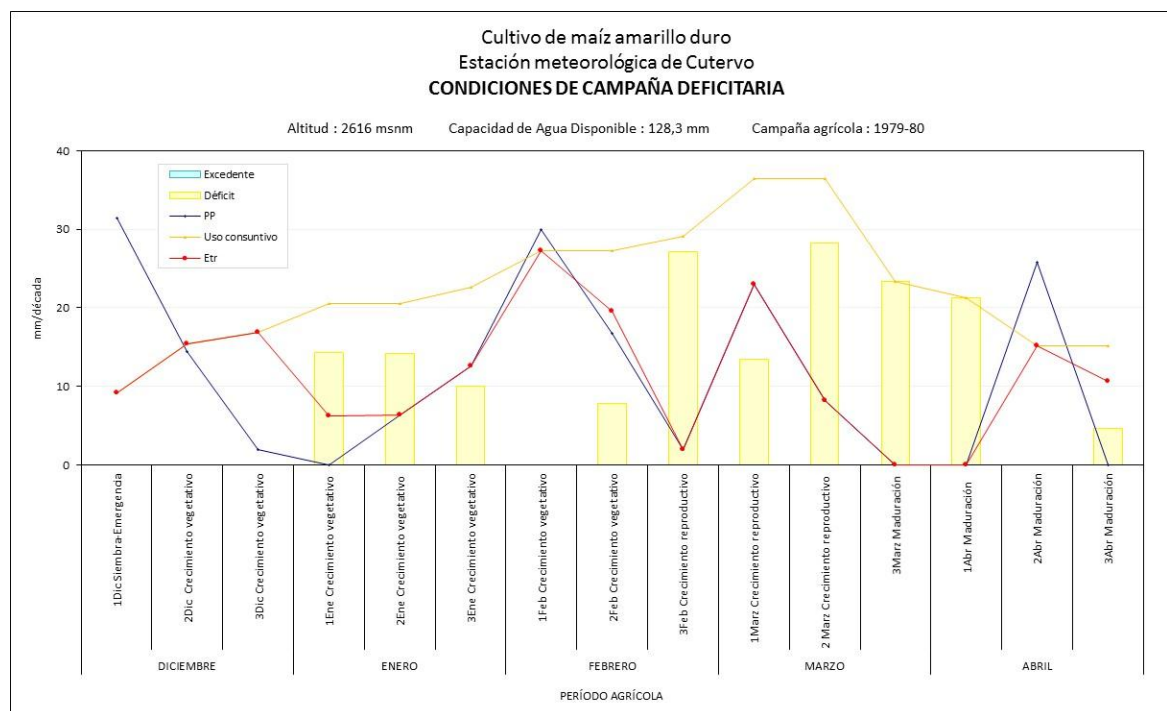
En el mes de enero, el déficit de humedad habría perjudicado el alargamiento del tallo y el crecimiento de hojas, principalmente en los estadios intermedios del crecimiento vegetativo. Entre la tercera década de febrero a la segunda década de marzo, podría haberse afectado el panojamiento y espigamiento de las plantas. De no haberse tomado las previsiones necesarias (riego complementario) la tasa de fecundación en la planta se habría reducido principalmente por la desecación de los granos de polen y pistilos (Figura 56).

Figura 55. Balance hídrico para el cultivo de maíz amarillo duro, bajo condiciones agrícolas lluviosas



Fuente: Elaboración propia

Figura 56. Balance hídrico para el cultivo de maíz amarillo duro, bajo condiciones agrícolas deficitarias



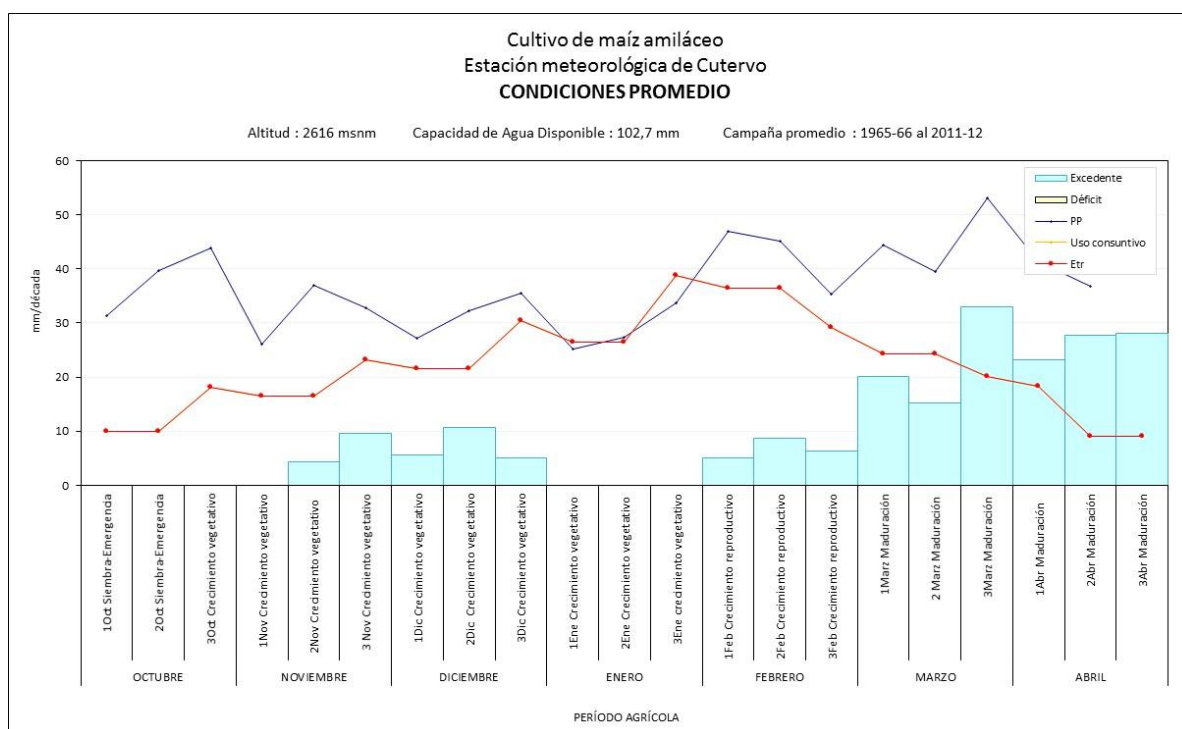
Fuente: Elaboración propia

## 6.9.4 Maíz amiláceo

### Condiciones promedio

En promedio, la cantidad de lluvias que se registra en el distrito de Cutervo favorecen las fases fenológicas de germinación, emergencia y desarrollo inicial de hojas; sin embargo, a partir de la segunda década de noviembre hasta febrero, las lluvias pueden ser ligeramente excesivas para el desarrollo intermedio de hojas, panojamiento y espigamiento; y a partir de marzo podrían ocasionar mayor impacto en la maduración de mazorcas (Figura 57).

Figura 57. Balance hídrico para el cultivo de maíz amiláceo, bajo condiciones promedio

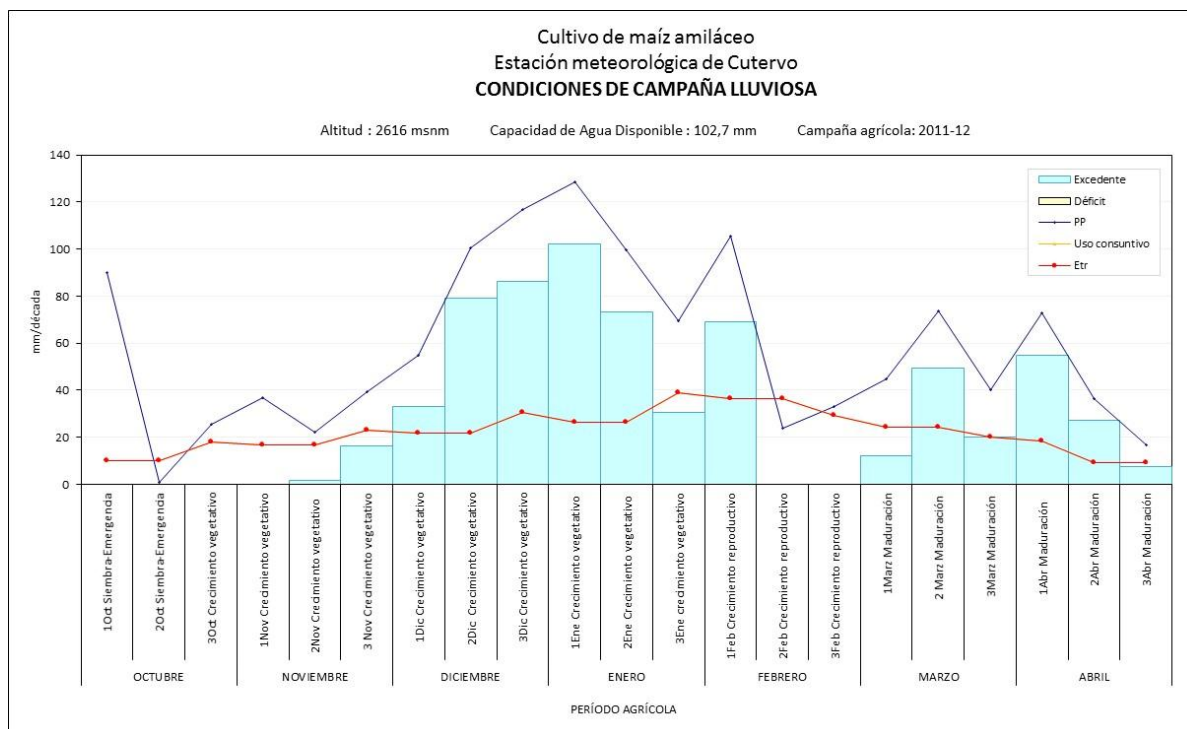


Fuente: Elaboración propia

### Campaña agrícola lluviosa

Por lo general, el total de lluvia acumulada durante la campaña agrícola 2011-12 fue muy superior a la necesidad hídrica que requiere el cultivo de maíz amiláceo para el crecimiento de hojas, elongación de tallos, panojamiento y espigamiento; así como para los estadios de madurez de las mazorcas (Figuras 58).

Figura 58. Balance hídrico para el cultivo de maíz amiláceo, bajo condiciones agrícolas lluviosas



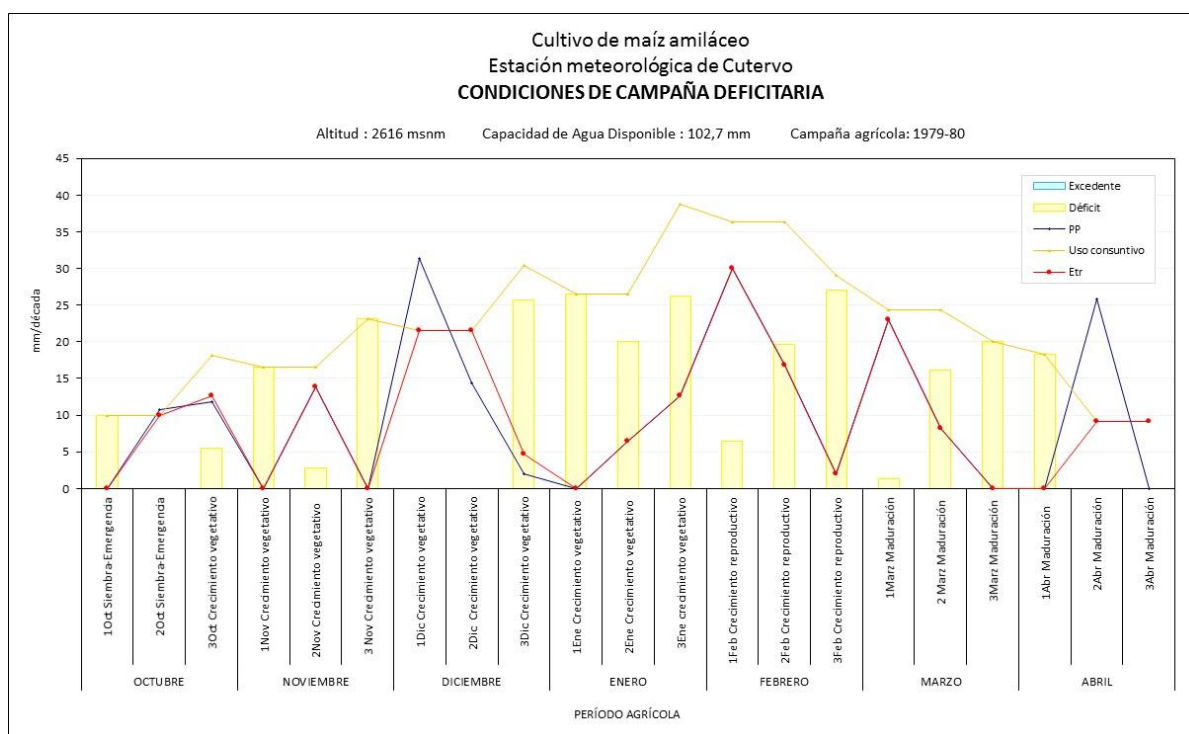
Fuente: Elaboración propia

### Campaña agrícola deficitaria

En la campaña agrícola 1979-80, la deficiencia de humedad fue muy recurrente durante todas las fases fenológicas del cultivo de maíz amiláceo. Durante la etapa crítica del cultivo, entre febrero y principios de marzo; la diferenciación y emisión de la inflorescencia masculina (panoja) y femenina (espiga), así como el cuajado y llenado inicial de mazorcas podrían haberse afectado seriamente de no haberse complementado con riego oportuno (Figura 59).

La falta severa de agua en el maíz puede manifestarse por la pérdida de la turgencia (flacidez o marchitamiento) de las hojas o por el enrollamiento y apariencia opaca de las hojas superiores de las plantas jóvenes. Cuatro días de flacidez continua durante el período de crecimiento vegetativo pueden reducir la productividad entre un 5 a 10%. Si el estrés hídrico se presenta durante la emergencia de la flor femenina y polinización, la producción puede reducirse hasta en un 50%; la falta de agua en este período es crítica porque retrasa la maduración del aparato reproductor femenino y altera la sincronización entre la emergencia de los estilos y la liberación del polen, dando como resultado mazorcas con menos granos (Bloc et al, 1984 tomado de López, 1991).

Figura 59. Balance hídrico para el cultivo de maíz amiláceo, bajo condiciones agrícolas deficitarias



Fuente: Elaboración propia

## 6.9.5 Papa

### Condiciones promedio

El cultivo de papa para desarrollar sus distintas fases fenológicas, procesos metabólicos y fisiológicos requiere de condiciones ideales de humedad.

El balance hídrico para el cultivo de papa, en el distrito de Cutervo, muestra que en promedio las lluvias durante todo el periodo agrícola son suficientes y hasta excesivas para satisfacer las necesidades hídricas durante todas sus fases fenológicas (Figura 60).

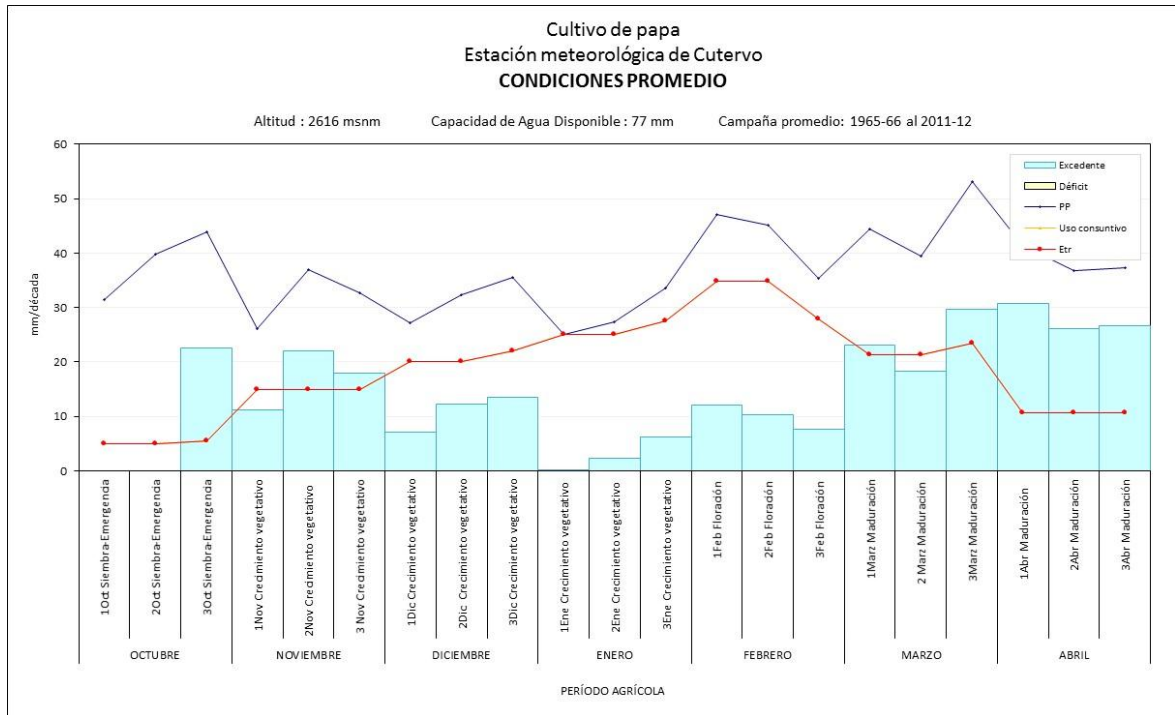
### Campaña agrícola lluviosa

En la campaña agrícola 2011-12; las lluvias fueron suficientes para favorecer la emergencia de los tubérculos-semilla, sin embargo luego fueron excesivas y abundantes durante el resto del periodo agrícola (Figura 61).

La excesiva humedad pudo haber limitado la aireación en el suelo, el establecimiento de las fases fenológicas aéreas (emisión de brotes laterales, botón floral y floración) y subterráneas (crecimiento de estolones, crecimiento de tubérculos) por la aparición de enfermedades foliares (rancha, alternaria) u hongos del suelo causante de pudriciones. Asimismo, en la etapa de maduración pudo haber afectado la calidad de los tubérculos, debido a la aparición de lenticelosis (verruguitas) sobre la epidermis de los tubérculos.

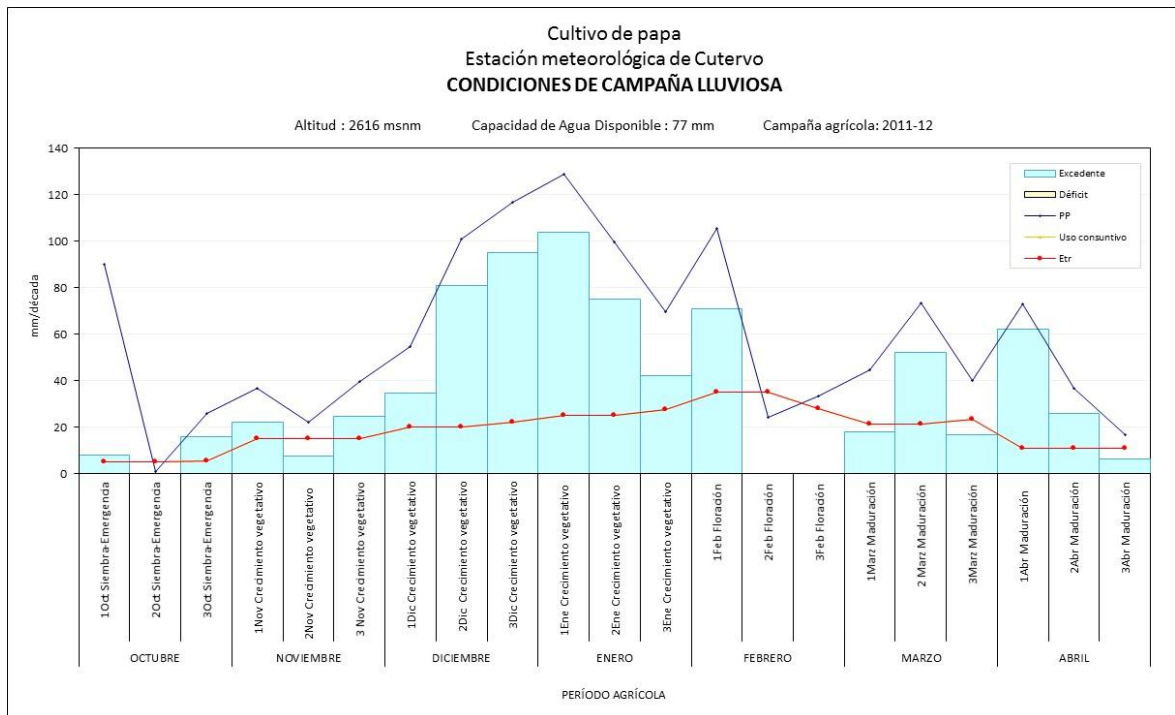


Figura 60. Balance hídrico para el cultivo de papa, bajo condiciones promedio



Fuente: Elaboración propia

Figura 61. Balance hídrico para el cultivo de papa, bajo condiciones agrícolas lluviosas



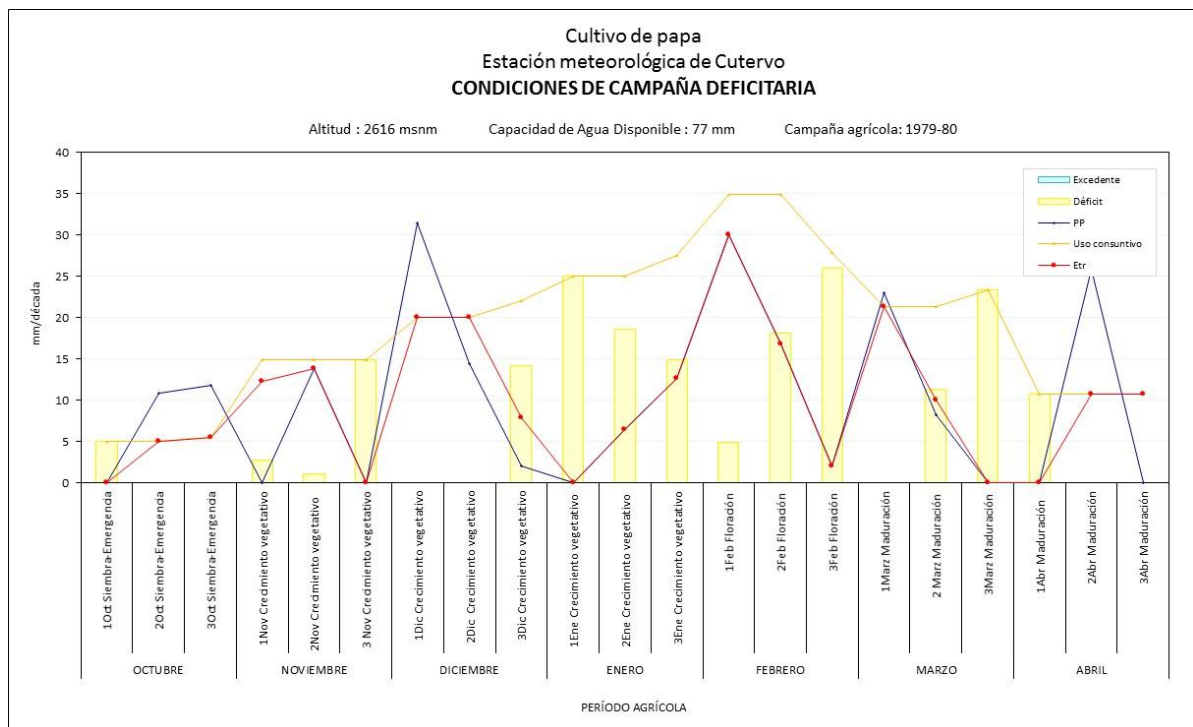
Fuente: Elaboración propia

### Campaña agrícola deficitaria

En la campaña agrícola 1979-80, las lluvias al inicio de la campaña habrían favorecido la emergencia del tubérculo-semilla. Sin embargo, en general, las demandas hídricas no satisficieron las distintas fases fenológicas del cultivo porque se aprecia déficit de humedad durante gran parte del crecimiento vegetativo, así como en todo el crecimiento reproductivo y maduración (Figura 62)

En situaciones de estrés, cuando las plantas son incapaces de satisfacer la demanda evaporativa de la atmósfera, las hojas pierden turgor y se cierran los estomas, se restringe la fotosíntesis y la pérdida de agua, incrementa la temperatura del follaje, aumenta la respiración, trayendo consigo disminución de las reservas de carbohidratos y desfavoreciendo el inicio, formación y crecimiento de tubérculos, en consecuencia se reduce el rendimiento (Allen y Scott, 1980; Haverkort, 1982; Rojo, 2006).

Figura 62. Balance hídrico para el cultivo de papa, bajo condiciones agrícolas deficitarias



Fuente: Elaboración propia

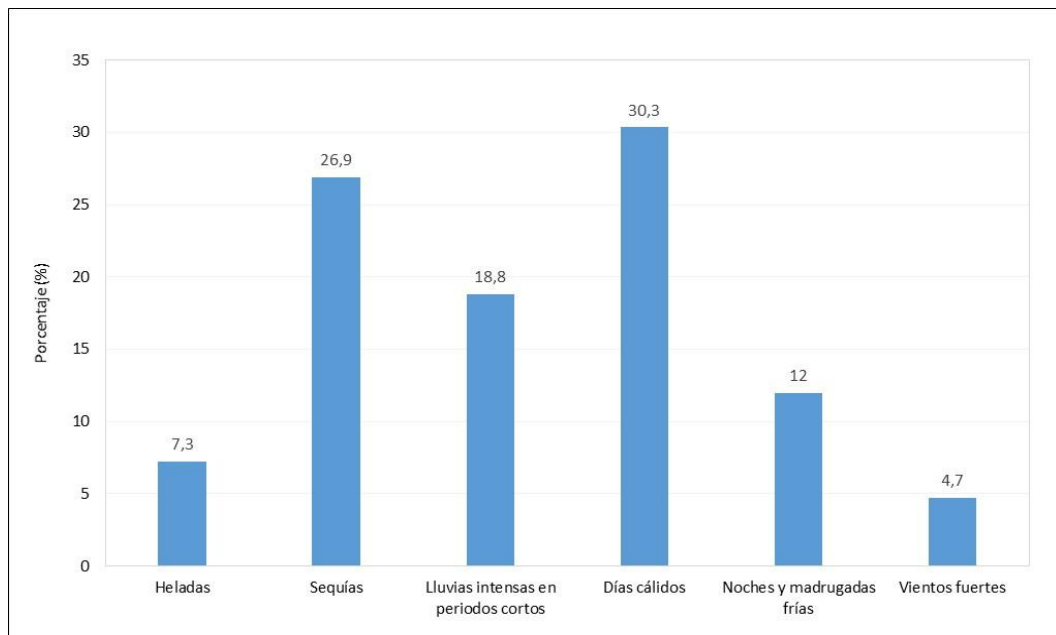
## VII. PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA E IMPACTO EN LOS CULTIVOS

En el distrito de Cutervo, los pobladores locales perciben que el clima ha cambiado en los últimos 15 años. Todos los entrevistados manifiestan la ocurrencia de eventos climáticos extremos cada vez más frecuentes que ocasionan daños no solo a los cultivos, sino también a la actividad pecuaria, comercio, entre otros.

### 7.1 Percepción de la ocurrencia de los eventos climáticos extremos

Según los pobladores locales, los eventos climáticos extremos que más frecuentemente ocurren son los días cálidos (30,3%), las sequías o veranillos (26,9%), las lluvias intensas en periodos cortos (18,8%) y las noches y madrugadas frías (12%). En menor frecuencia manifiestan las heladas meteorológicas y agronómicas (7,3%); así como los vientos fuertes principalmente en horas de la tarde (Figura 63).

Figura 63. Percepción local sobre la frecuencia de los eventos extremos en el distrito de Cutervo



Fuente: Entrevista a productores agrarios del distrito de Cutervo. Total de encuestas: 78 (Pregunta con respuestas múltiples)  
Elaboración: SENAMHI

Los eventos climáticos extremos que mayores impactos tienen sobre la productividad de los cultivos priorizados son la sequía y las lluvias intensas en periodos cortos.

Los pobladores locales manifiestan que hace 15 años, las precipitaciones ocurrían con mayor frecuencia entre los meses de setiembre a mayo. Asimismo, el período de sequías era más estacional, es decir se presentaban de junio a agosto.

En la actualidad tanto las sequías como las lluvias intensas en periodo cortos han cambiado. El período de lluvias se ha reducido (de 9 a 7 meses), iniciando mayormente en enero y culminando en mayo. Los meses de febrero, marzo y abril presentan las precipitaciones más intensas según manifiestan los pobladores locales. Respecto a las sequías, su período de ocurrencia se ha prolongado dos meses (setiembre a octubre); aunque ocurre años donde este evento extremo puede presentarse en noviembre o diciembre (Figura 64).

Figura 64. Percepción local sobre la frecuencia del cambio de la estacionalidad de las lluvias y sequías en el distrito de Cutervo

Percepción local	Frecuencia de ocurrencia de las lluvias durante la campaña agrícola											
	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Hace 15 años		75%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%		
En la actualidad				50%	75%	100%	100%	100%	100%	100%		

Percepción local	Frecuencia de ocurrencia de las sequías durante la campaña agrícola											
	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Hace 15 años	100%										100%	100%
En la actualidad	100%	100%	100%								100%	100%

Fuente: Entrevista a productores agrarios del distrito de Cutervo. Total de encuestas: 78 (Pregunta con respuestas múltiples). Elaboración: SENAMHI

Foto 10. Participación de los productores agrarios en el C.P. de Yatún



Fuente: SENAMHI

Foto 11. Identificación de las zonas donde ocurren más lluvias y sequías en Cutervo



Fuente: SENAMHI

## 7.2 Percepciones del impacto de los eventos climáticos extremos en los cultivos

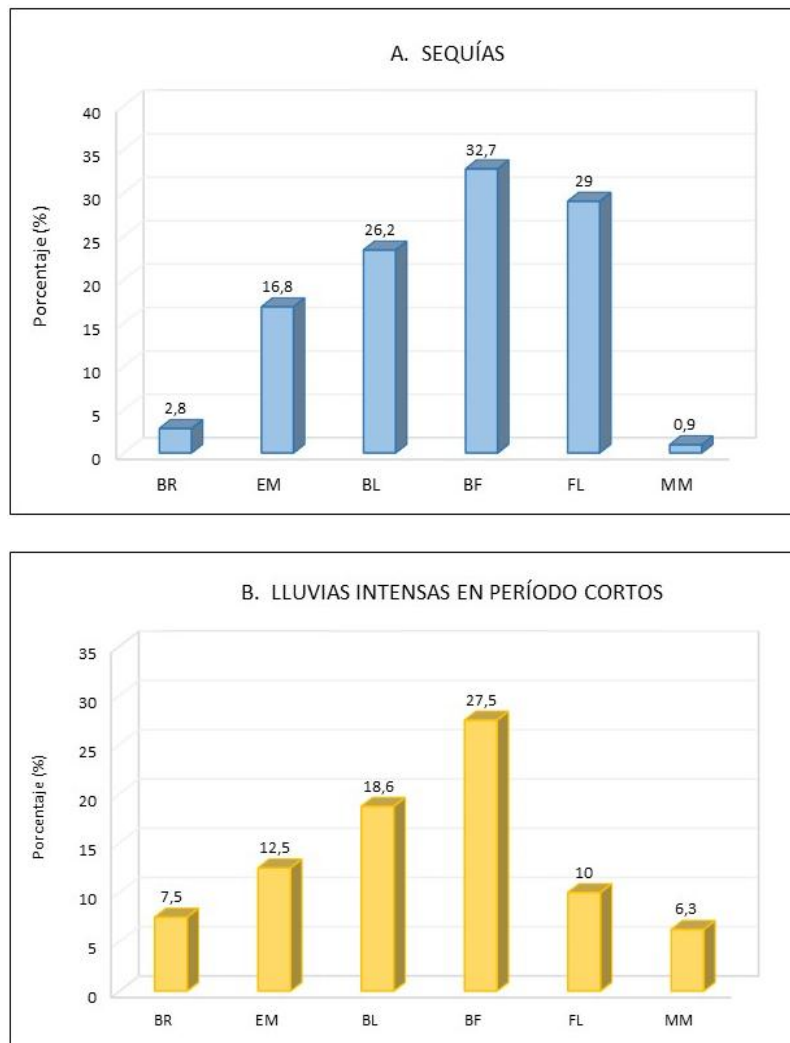
La percepción de los pobladores locales, es también de que los eventos climáticos extremos se vienen presentando con más frecuencia dentro de las campañas agrícolas. Estos impactan negativamente en los cultivos priorizados con efectos diferenciados según el evento climático y la fase fenológica en la cual se encuentra el cultivo.

## Cultivo de papa

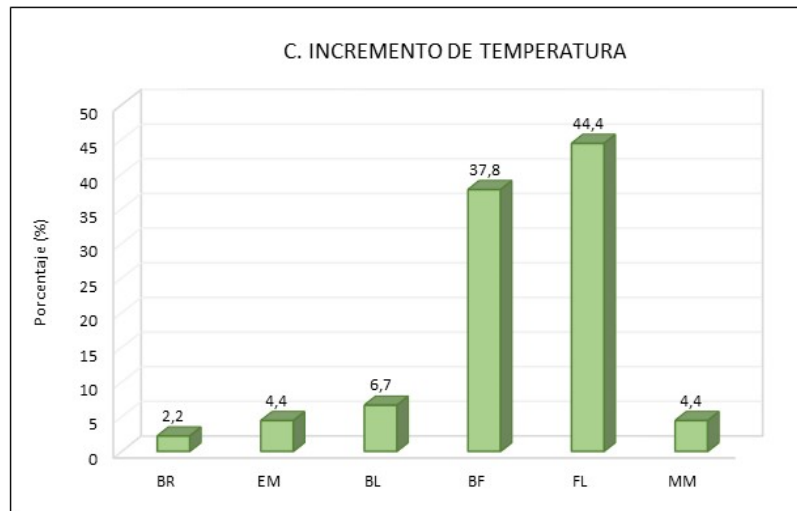
Según la percepción de los pobladores locales; los eventos extremos más recurrentes como la sequía, las lluvias intensas en periodos cortos y los incrementos de temperatura afectan en mayor proporción la etapa reproductiva del cultivo. Durante este período, a nivel subterráneo, ocurre la emisión de estolones y el proceso de tuberización (Figura 65).

Las sequías tienen un mayor impacto en el crecimiento vegetativo y reproductivo de la planta, siendo más dañino cuando se presentan en las fases de botón floral (32,7%) y floración (29%) según la respuesta de los entrevistados. Las lluvias intensas afectan en mayor proporción el botón floral (27,5%), seguido de las fases de brotes laterales (18,6%), emergencia de tallos (12,5%) y floración (10%). Asimismo, las altas temperaturas son más perjudiciales cuando la planta se encuentra en botón floral (37,8%) y floración (44,4%).

Figura 65. Percepciones locales sobre el impacto de los eventos climáticos extremos sobre el brotamiento (BR), emergencia (EM), brotes laterales (BL), botón floral (BF), floración (FL) y maduración (MM) del cultivo de papa en el distrito de Cutervo







Fuente: Entrevista a productores agrarios del distrito de Cutervo. Total de encuestas: 78 (Pregunta con respuestas múltiples). Elaboración: SENAMHI

### Cultivo de maíz

La percepción de los pobladores locales es que las sequías afectan en mayor proporción el panojamiento (26,4%) y espigamiento (36,4%) de las plantas, tanto del maíz amiláceo como del maíz amarillo duro.

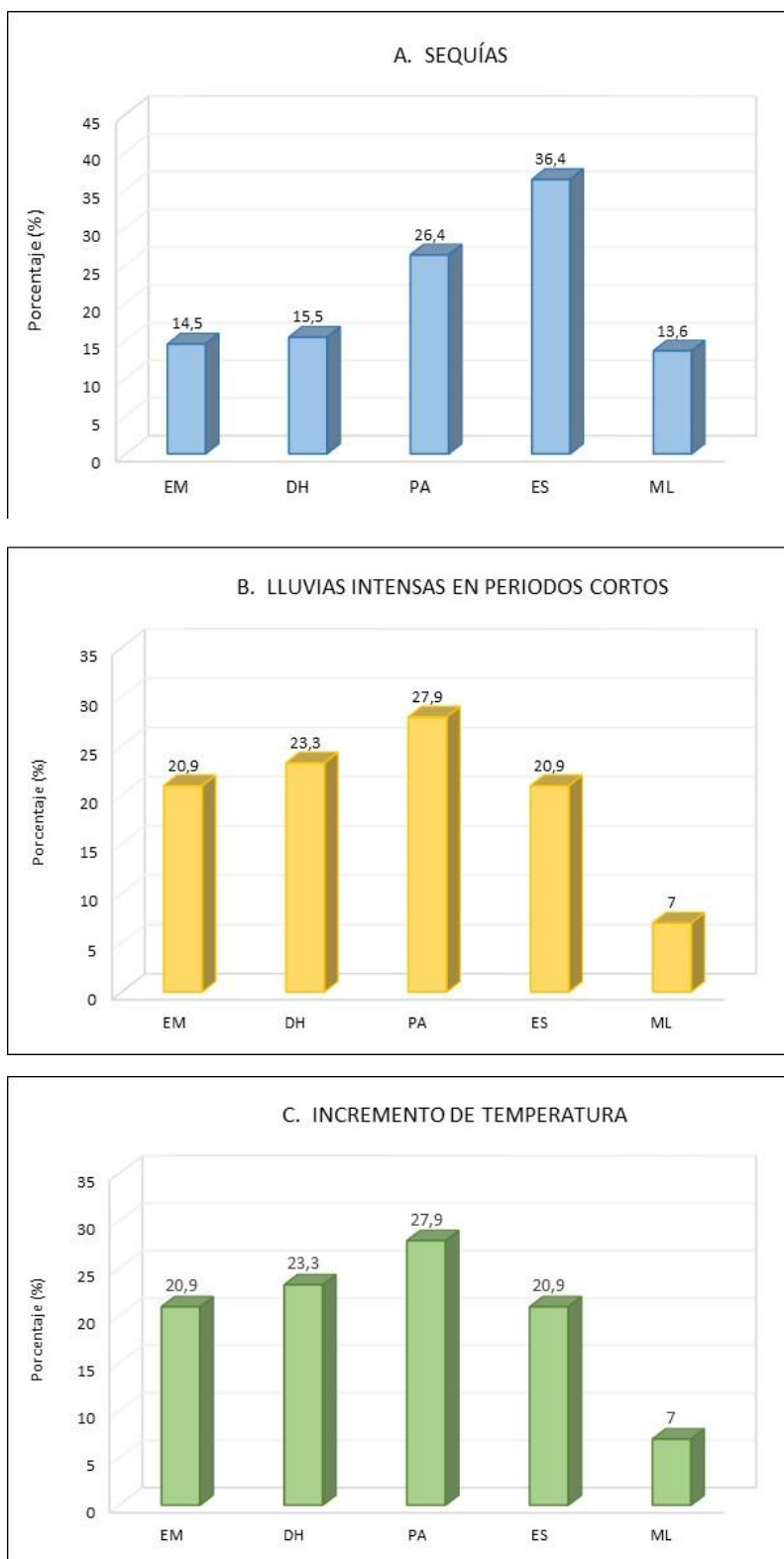
Las lluvias intensas pueden impactar más intensamente el panojamiento (27,9%), así como el desarrollo de hojas (23,3%), la emergencia de las plántulas (20,9%) y el espigamiento (20,9%). En menor proporción produce daños durante la madurez lechosa (13,6%) de los granos. Respecto a los incrementos de temperatura, la mayor frecuencia indica que este evento extremo es más perjudicial tanto en la etapa vegetativa como en la etapa reproductiva (Figura 66).

### Cultivo de arveja y fríjol

Según la percepción de los productores locales, las sequías afectan en mayor proporción el botón floral (21,4%), la floración (21,4%) y la formación del fruto (21,4%); y en menor porcentaje la emergencia (14,3%), el desarrollo de hojas (14,3%) y la maduración (7,1%).

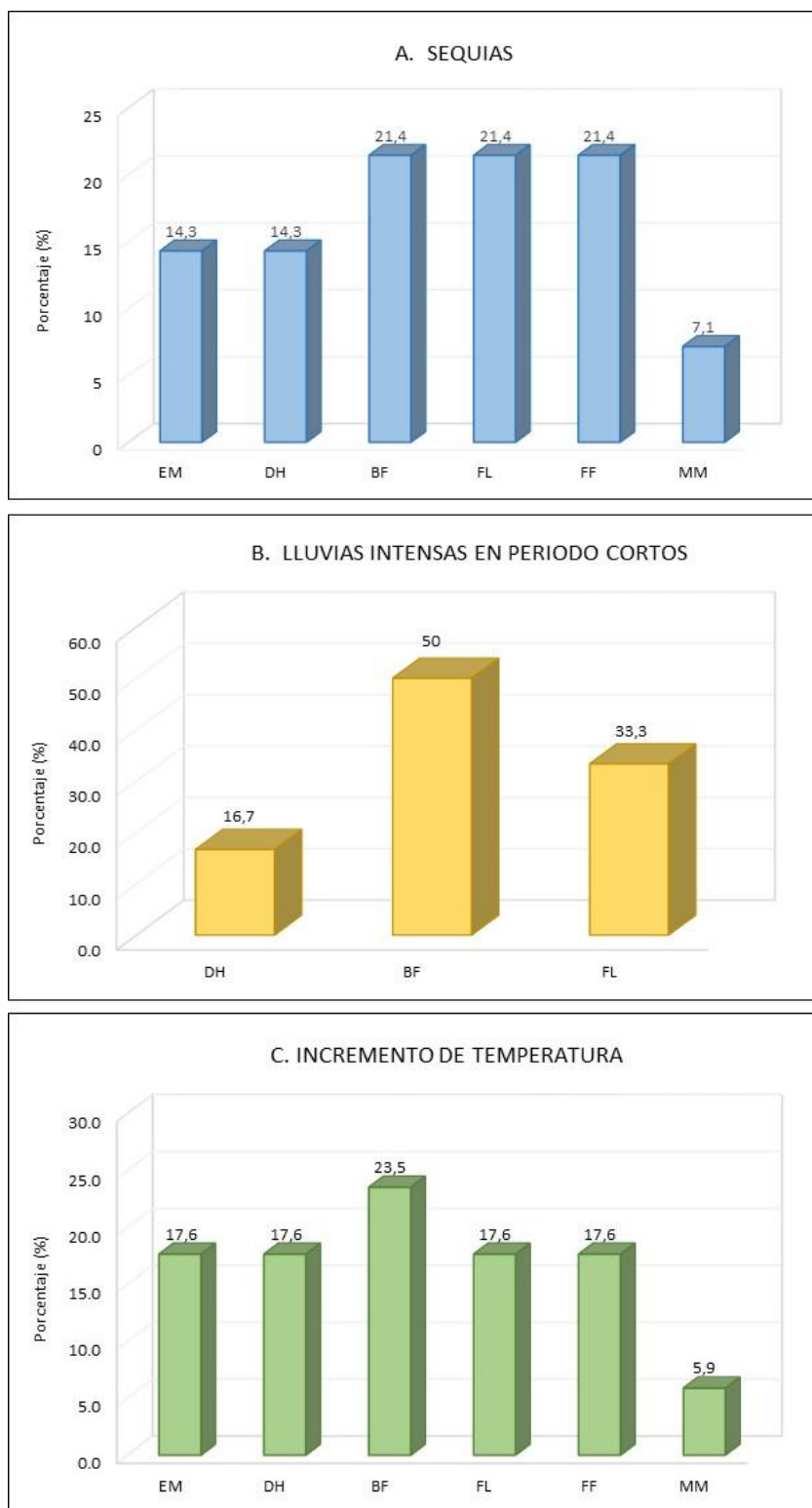
Las lluvias intensas en periodos cortos son más perjudiciales en las fases de botón floral (50%) y floración. En tanto, los incrementos de temperatura afectan todas las fases de ambos cultivos, siendo principalmente su impacto en la etapa de botón floral (23,5%) (Figura 67).

Figura 66. Percepciones locales sobre el impacto de los eventos climáticos extremos sobre la emergencia (EM), desarrollo de hojas (DH), panojamiento (PA), espigamiento (ES) y maduración lechosa (ML) del cultivo de maíz en el distrito de Cutervo



Fuente: Entrevista a productores agrarios del distrito de Cutervo. Total de encuestas: 78 (Pregunta con respuestas múltiples). Elaboración: SENAMHI

Figura 67. Percepciones locales sobre el impacto de los eventos climáticos extremos sobre la emergencia (EM), desarrollo de hojas (DH), botón floral (PA), floración (FL), formación del fruto (FF) y maduración (ML) del cultivo arveja y frijol en el distrito de Cutervo



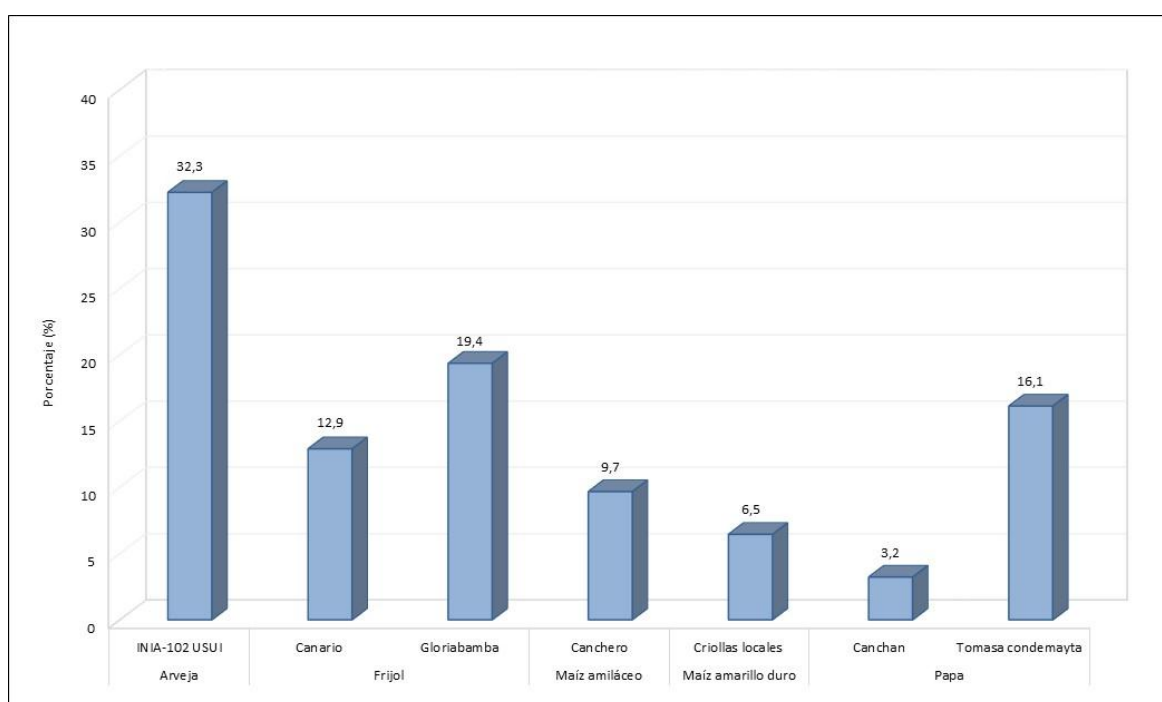
Fuente: Entrevista a productores agrarios del distrito de Cutervo. Total de encuestas: 78 (Pregunta con respuestas múltiples). Elaboración: SENAMHI

### 7.3 Percepción sobre variedades de cultivos sensibles y adaptados a la variabilidad climática

Ante la evidente percepción de los impactos de la variabilidad climática, la vulnerabilidad de los cultivos depende del tipo de cultivo, la variedad o cultivar, entre otros aspectos.

Según los pobladores entrevistados del distrito de Cutervo, la variedad de arveja más sensible a la variabilidad climática es el “INIA-102 USUI”; de frijol son el “Canario” y “Gloribamba”; de maíz amiláceo es el “Canchero”; de maíz amarillo duro es el criollo local conocido como “pato”; finalmente de papa son la “Canchan” y “Tomas Condemayta” (Figura 68).

Figura 68. Variedades de cultivo de arveja, frijol, maíz amiláceo, maíz amarillo duro y papa más sensibles a la variabilidad climática en el distrito de Cutervo

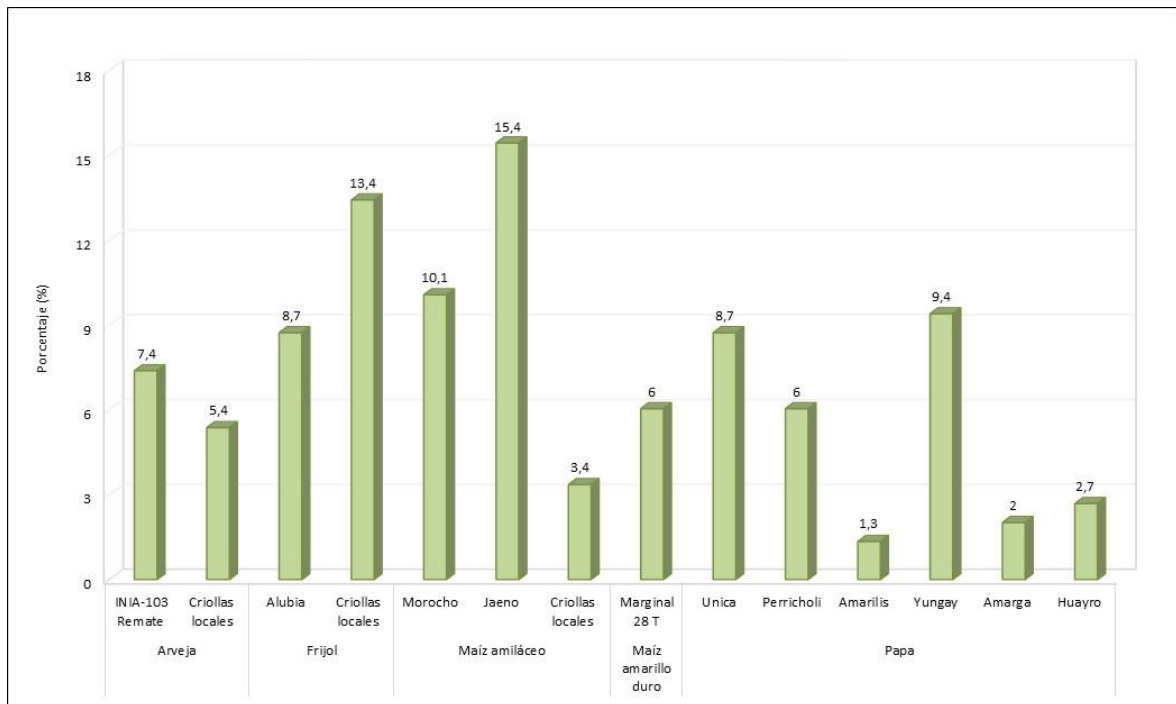


Fuente: Entrevista a productores agrarios del distrito de Cutervo. Total de encuestas: 78 (Pregunta con respuestas múltiples) Elaboración: SENAMHI

Las variedades adaptadas están referidas a aquellas que presentan un amplio rango de adaptación medioambiental, resistencia a plagas y altos rendimientos.

En arveja se tiene al “INIA-103 Remate” y variedades criollas como la “arveja blanca”, “arveja verde” y “arvejón”; en frijol se tiene el “Alubia” y variedades criollas como “capsula”; en maíz amiláceo son el “Morocho”, “Jaeno Blanco” y variedades criollas locales; en maíz amarillo duro se tiene el “Marginal 28T”; finalmente en papa se tiene la “Única”, “Perricholi”, “Amarilis”, “Yungay”, “Huayro” y “Papa amarga” (Figura 69).

Figura 69. Variedades de cultivo de arveja, frijol, maíz amiláceo, maíz amarillo duro y papa más adaptados a la variabilidad climática en el distrito de Cutervo



Fuente: Entrevista a productores agrarios del distrito de Cutervo. Total de encuestas: 78 (Pregunta con respuestas múltiples) Elaboración: SENAMHI

Foto 12. Papa var. Yungay  
C.P de Conga de Allanga



Fuente: SENAMHI

Foto 13. Maíz amiláceo var. Criolla  
C.P. de Mamabamba



Fuente: SENAMHI



Foto 14. Maíz amarillo duro vdr Marginal  
C.P. Libertad de Naranjito de Camse



Fuente: SENAMHI

Foto 15. Arveja vrd Remate  
C.P. Payac



Fuente: SENAMHI

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcalde, M., Chio, R., Macera, C., Ríos, Z. y Rodríguez, M. (1990). Especies agrosilvopastoriles para la zona altoandina. Proyecto ARBOLANDINO. Pomata, Perú. 207 pp.

Altet, A. (2006). Determinación de zonas potenciales para el cultivo de maíz amiláceo (*Zea mays* L.) en los departamentos de Cusco y Junín mediante el uso de teledetección. Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina. Escuela de Post Grado. Especialidad de Producción Agrícola Lima, Perú. 66 pp.

Allen, E.J. y Scott, R.N. (1980). An analysis of growth of the potato crop. J. Agric. Sci. Camb. Vol. (94): 583-606.

Amma, A., Gonzales, J., Riva, E., Bianchini, H., Bimboni, G., Mitidieri, I. (1987). Recomendaciones prácticas para el cultivo de arveja. Estación agropecuaria INTA. San Pedro, Argentina. 50 pp.

Amorós, W. (1979). Relación entre niveles de heterocigocidad y adaptación a los trópicos húmedos en papas autotetraploides. Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina. Escuela de Post Grado. Especialidad de Producción Agrícola Lima, Perú. 82 pp.

Arbizu, C. y Tapia, M. (1992). Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492. La agricultura andina: papas amargas. Colección FAO. Producción y protección vegetal. Roma, Italia. 399 pp.

Arnold, C.Y. (1959). The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. Proceeding of the American Society for Horticultural Science, Geneve. Vol. (74): 430-445.

Bahía, W., E. O. Brunini, M. Trevizan B., J. Lopes de C., P. Boller G., R. A. Dias K., A. L. Mello M., J. C. Alves P., N. Bartoletto, E. Martins P., M. Sakai, L. A. Saes, and L. C. Paterno S. (2000). Estimativa de temperature base e graus-día para feijoeiro nas diferentes fases fenológicas. Rev. Bras. Agrometeorol. Santa Maria 8: 55-61.

- Baldión, J. (1987). Conceptos básicos y métodos de cálculo del balance hídrico. HIMAT. Bogotá, Colombia. 43 pp.
- Baradas, M. W. (1994). Crop requirements of tropical crops. In: Handbook of agricultural meteorology. J.F. Griffiths Editor. Oxford Univ. Press. New York. pp. 189-202.
- Barrios, E.J. y López, C. (2009). Temperatura base y tasa de extensión foliar en fríjol. Agrociencia. Vol. (43): 29-35.
- Benacchio, S.S. (1982). Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el Trópico Americano. FONAIAP. Maracay, Venezuela. 202 pp.
- Berger, J. (1967). El Maíz, su producción y abonamiento. Kansas City. USA. 204 pp.
- Borah, M. and Milthorpe, F. (1959). Growth of the Potato. Rp. Univ. Nottm. Sch. Agric. Nottm. pp. 41-45.
- Canahua, A. (1998). Producción y promoción de semilla de papas amargas en Puno. CEDECUM-CIP. Puno, Perú. 42 pp.
- Calolus, R. L. (1967). Controle de l' evapotranspiration en plain air par pulverisation d' eau: Influence sur la qualite et le rendement des cultures maraicheres et fructitieres pepnieres. 73: 3889-3891.
- CARE. (2007). Cadenas productivas de arveja y haba: Una experiencia en Acobamba-Huancavelica. Programa Redes Sostenibles para la Seguridad Alimentaria-REDESA. Lima, Peru. 98 pp.
- CARITAS. (2004). Manual del cultivo de arveja. Caritas Huancayo, INIA, UNCP, Fondo Italo Peruano. Huancayo, Perú.
- Casseres, E. (1969). Producción de Hortalizas. Editorial IICA. Primera Edición. Lima, Perú. 280 pp.
- Cao, W. and Tibbits, T. W. (1995). Leaf emergence on potato stems in relation to thermal time. Agron. J. 87: 474-477.
- Celis, J. (1996). Incidencia de la sequía en el Perú: Estrategias para superar ésta limitante. INIA, E.E. Baños del Inca. Trabajo compilado por Edmeades, G., Bänziger, M., Mickelson, H. y Peña, C. En Developing drought and low N-tolerant maize: proceedings of a symposium. CIMMYT. El Batán, México. pp. 63-65.
- Cepeda, M. y Gallegos, G. (2003). La papa: El fruto de la tierra. Editorial Trillas. Primera edición. México. 251 pp.
- Chávez, A. (2003). Producción de semilla de maíz amiláceo con el sector informal en Perú. INIA-DGPSA. Ponencia presentada en el Taller: Producción de semilla y agrobiodiversidad. Disponible en: <http://www.peduza.org/alexander.htm> (Fecha de consulta: Mayo 2014).
- Chiappe, L. (1968). Cultivos alimenticios. Capítulo: Leguminosas. Universidad Nacional Agraria la Molina. Copia mimeografiada. 118 pp.
- Chiappe, V. (1981). Requerimientos ambientales del fríjol. Copias mimeografiadas de la UNALM. Programa de leguminosas. Lima, Perú. 45 pp.

- Chiappe, V. (1996). Época de siembra, distanciamiento y cultivo de fríjol, garbanzo y pallar. Boletín técnico. Lima, Perú. 14 pp.
- CIP. (2008). La papa peruana. Proyecto INCOPA. CIP-COSUDE. Lima, Perú. 2 pp.
- Christiansen, J. (1967). El Cultivo de la papa en el Perú. Primera edición. Lima, Perú. 342 pp.
- CIREN. (1989). Requerimientos de clima y suelo. Centro de Información de Recursos Naturales. Publicación CIREN N° 85. Santiago, Chile. 58 pp.
- Cortbaoui, R. (1988). Siembra de papa. CIP. Boletín de información técnica N° 11. Lima, Perú. 19 pp.
- Coyne, P. (1966). The genetics of the photoperiodism and the effects of the temperature on the photoperiodic response for time of flowering in *Phaseolus vulgaris* L. Vol. 1 CIAT. Serie US29.
- Dapaah, K. H., A. B. McKenzie and G. D. Hill. (1999). Effects of irrigation and sowing date phenology and yield of pinto beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in Canterbury, New Zealand. NZ. J. Crop Hort. Sci. Vol. (27): 297-305.
- Del Carpio, R. (1983). Informe anual del Programa de Leguminosas de Grano y Oleaginosas de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 80 pp.
- Debouck, D. (1994). Bean (*Phaseolus* sp). Neglected Crop: 1492 from a different Perspective. Plant Production and Protection Series N° 26 FAO. Roma, Italia. pp. 47-62.
- Dolores, O. (1996). Efecto de la fertilización fosfo-potásica, en el rendimiento de arveja (*Pisum sativum* L.) var. Ballet en condiciones de sierra. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Lima, Perú. 99 pp.
- Doorenbos, J y Kassam, A.H. (1979). Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO: Riego y Drenaje Núm. 33. FAO. Roma, Italia. 212 pp.
- DRA-Cajamarca. (2014). Estadísticas agrarias del distrito de Cutervo. Campañas 1996-97 al 2012-13. Dirección de Estadística e Información Agraria-Unidad de Estadística. Lima, Perú.
- DRASAM. (2014). Manual técnico del cultivo de maíz amarillo duro. Dirección de Desarrollo y Competitividad Agraria. San Martín, Perú. 12 pp.
- Egúsquiza, R. (2000). La papa: Producción, transformación y comercialización. CIMAGRAF S.R.L. Primera edición. Lima, Perú. 106 pp.
- Ekanayake, I. (1994). Estudio sobre el estrés por sequía y necesidades de riego de la papa. CIP. Guía de investigación N° 30. Lima, Perú. 39 pp.
- Espíritu, F. (1993). Comparativo de rendimiento de variedades mejoradas de fríjol bajo las condiciones agroecológicas del valle de Huánuco. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Hemilio Valdizán. Facultad de Ciencias Agrarias. Huánuco, Perú. 96 pp.
- Ezeta, F. (1986). Aspectos fisiológicos de la producción de papa. V curso internacional sobre el cultivo de papa con énfasis en la producción de semilla. Huancayo, Perú. 29 pp.

FAO. (1994). ECOCROP I. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Versión 1.0. AGLS. FAO. Roma, Italia.

FAO. (2006a). World Referente Base For Soil Resources. A framework for international Classification, correlation and communication.

FAO. (2006b). Evapotranspiración del cultivo. Estudio FAO Riego y Drenaje 56. Roma, Italia. 301 pp.

Feller, C., Bleiholder, H., Buhr, L., Hack, H., Hess, M., Klose, R., Meier, U., Stauss, R., Van den Boom, T., Weber, E. (1995) Phänologische entwicklungsstadien von gemüsepflanzen: I. Zwiebel, wurzel, knollen and blattgemüse. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes. Vol. (47): 193-206.

Gilmore, E. and Rogers, J. (1958). Heat units as a method of measuring maturity in corn. Agronomy Journal, Madison. Vol (50): 611-615, N° 5.

Gómez, Y. (1996). Efecto de tres niveles de humus de lombriz y de estiércol de vacuno en un cultivo de arveja en la comunidad campesina de San Pedro de Casta (cuenca del río Santa Eulalia). Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. 108 pp.

Gómez, R., Ordiola, M., Manrique, K., Julca, P. y Tapia, M. (2008). Papas nativas del Perú: Catalogo de variedades y usos gastronómicos. Lima, Perú. 117 pp.

Goodwing, B. (1978). Maduration of Bean Seeds (*Phaseolus vulgaris* L) University of Sidney. New South wales, Australia.

Hack, H., H. Gall, Th. Klemke, R. Kloce, U. Meyer, R. Stauss, and A. Witzemberger (1993). Phänologische Entwicklungsstadien der Kartoffel (*Solanum tuberosum* L.). Codierung und Beschreibung nach der erweiterten BBCH-Skala mit Abbildungen. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 45:11-19.

Haverkort, A. J. (1982). Manejo del agua en la producción de papa. Boletín de Información Técnica 15. Centro Internacional de la Papa-CIP. 22 pp.

Huamán, A. (2001). Efecto de la fertilización nitrogenada y sistemas de cultivo en el rendimiento de arveja (*Pisum sativum* L.) var. Remate en condiciones de costa central. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Lima, Perú. 113 pp.

Huanco, V. (1991). Potencial de las papas amargas en el Altiplano de Perú. INIAA-Puno. Mesa Redonda: Perú-Bolivia. La papa amarga. La Paz, Bolivia. pp. 25-26.

Huerta, A. (1987). El sistema de cultivo de papa en las comunidades alto andinas de Yauyos. Ponencia presentada en el Seminario: Sistemas agrarios. En: Políticas agrarias y estrategias campesinas en la cuenca de Cañete. Lima, Perú. pp. 129-159.

INEI. (1993). Censos nacionales 1993: IX de Población y IV de Vivienda. Disponible en: <http://censos.inei.gob.pe/bcoCuadros/bancocuadro.asp?p=14> (Fecha de consulta: Mayo 2014).

INEI. (1994). III Censo nacional agropecuario. Lima, Perú. Disponible en: <http://proyectos.inei.gob.pe/bcoCuadros/IIIcenagro.htm> (Fecha de consulta: Mayo 2014).

INEI. (2010). Cajamarca: Compendio estadístico departamental. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Perú. 437 pp.

INEI. (2012). IV Censo nacional agropecuario. Lima, Perú. Disponible en: <http://censos.inei.gob.pe/Cenagro/redatam/> (Fecha de consulta: Mayo 2014).

INEI. (2014). Sistema de consultas de códigos estandarizados. Disponible en: <http://webinei.inei.gob.pe:8080/sisconcode/publico.htm#> (Fecha de consulta: Mayo 2014).

INIEA. (2006). El fríjol en Cajamarca. Centro de Información Tecnológica. Boletín N° 001. Lima, Perú.

Irañeta, M. y Rodríguez, R. (1983). Agrotecnia del fríjol en IV Curso Intensivo de Postgrado del fríjol. La Habana. MINAGRI.

James, L. (1988). Principles of farm irrigation system design. John Wiley and Sons, Inc. USA. 543 pp.

Laffite, H.R. (1994). Identificación de problemas en la producción de maíz tropical. Guía de campo. México D.F. CIMMYT. 122 pp.

Laing, D. (1979). Adaptación del fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.), curso intensivo de adiestramiento en producción de fríjol para las investigaciones en América latina. CIAT. Colombia. 36 pp.

Lancashire, P.D., H. Bleiholder, P. Langeluddecke, R. Stauss, T. van den Boom, E. Weber and A. Witzsen-Berger (1991). A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Ann. Appl. Biol.* 119 (3): 561–601.

Ledesma, M. (2000). Climatología y meteorología agrícola. Editorial Paraninfo. 451 pp.

Lépiz, R. (1996). Variedades de fríjol liberadas por los programas nacionales de Bolivia, Perú y Ecuador. Periodo 1988-1995. PROFRIZA. Quito, Ecuador. 52 pp.

Lesur, L. (2005). Manual del cultivo de maíz: Una guía paso a paso. Editorial Trillas. Primera edición. México. 80 pp.

Llacsá, J. (2008). Conservación de los suelos y diversidad: El caso de los Mañay en Pitumarca. *Revista de Agroecología-LEISA*. pp. 32-354.

Loayza, D. (1993). Evaluación de dos tipos de mulch en los regímenes de humedad, temperatura del suelo y el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) var. Tomasa Condemayta. Tesis para optar el título de Ingeniero Meteorólogo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias. Lima, Perú. 84 pp.

López, C., Egúsquiza, R. y Villagómez, V. (1980). Cultivo de la papa. CENCIRA. Lima, Perú. 196 pp.



- López, C. (1990). Determinación del uso consuntivo para cuatro cultivos en el Proyecto Majes-Arequipa. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Lima, Perú. 61 pp.
- López, L. (1991). Cereales. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. Vol. (1): 307-394.
- Manrique, A. (1988). El maíz en el Perú. Fondo del libro, Banco Agrario. Lima. ONA. Perú: Maíz amiláceo en cifras 1970-1985 y anexo 1986-87. Lima, Perú.
- Manrique, A. (1997). El maíz en el Perú. CONCYTEC. Segunda edición. Lima, Perú. 343 pp.
- Martin, R. and Jamieson. (1996). Effect of timing and intensity of drought on the growth and yield of field peas (*Pisum sativum*). New Zeland Journal of Crop and Hort. Sci. (N.Z.). Vol. (24):167-174.
- Medina, L. (1992). Ensayo comparativo de dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.) con distintas modalidades y densidades de siembra en condiciones de costa central. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Lima, Perú. 94 pp.
- Mendoza, A. (2007). Papa industrial en los valles interandinos. INCAGRO-IDESI. Manual técnico. Huánuco, Perú. 31 pp.
- Midmore, D. (1988). Fisiología de la planta de papa bajo condiciones de clima cálido. Guía de Investigación N° 24. CIP. Lima, Perú. 16 pp.
- MINAG. (2012). Maíz amiláceo: Principales aspectos de la cadena agroproductiva. DGCA-DIA. Lima, Perú. 38 pp.
- MINAGRI. (2014). Estadísticas agrarias del distrito de Cutervo. Campañas agrícolas 1999-00 al 2012-13. Dirección de Estadística e Información Agraria-Unidad de Estadística.
- MINAGRI. (2015). Zonificación agroecológica del distrito de Cutervo, Cajamarca. Programa Presupuestal 0089 “Reducción de la Degradación de los Suelos Agrarios”. Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios. 175 pp.
- MISTI. (2001). Buena cosecha: Consideraciones generales en la fertilización del cultivo de papa. Departamento Técnico-Corporación Misti. Lima, Perú. 12 pp.
- Molina, J., Mairena, B. y Nicaragua, K. (2004). Guía MIP en el cultivo de papa. INTA. Primera edición. Managua, Nicaragua. 60 pp.
- Montaldo, A. (1984). Cultivo y mejoramiento de la papa. IICA. San José, Costa Rica. 676 pp.
- Morales, D. (1979). Estudio comparativo de variedades de fríjol mejorado para su introducción en la Divisoria-Tingo María. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Hemilio Valdizán. Facultad de Ciencias Agrarias. Huánuco, Perú. 98 pp.
- Nielsen, D.C. and Nelson, N.O. (1998) Black bean sensitivity to water stress at various growth stages. Crop Sc. 38: 422-427.
- Núñez, C. (2011). Efecto de dos cepas de *Rhizobium* sp y microorganismos efectivos en el rendimiento de grano seco de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Canario Centenario en la costa

central. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía Lima, Perú. 91 pp.

Ochoa, C. (2001). Las papas de Sudamérica: Bolivia. IFEA-COSUDE-CIP. Primera edición. La Paz, Bolivia. 535 pp.

Ochoa, A. (2009). In fluencia de la temperatura y precipitación en el cultivo de maíz amiláceo (*Zea mays* L.) cv San Gerónimo y Blanco Urubamba en el valle del Mantaro. Tesis para Optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Agronomía. Huancayo, Perú. 73 pp.

Paredes, A. (1982). Evaluación de 3 grupos de arveja (*Pisum sativum* L.) para grano verde y seco en la costa central. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Lima, Perú. 90 pp.

Parsons, D. (1987). Chíncharo. Área: producción vegetal, 12. Manuales para educación agropecuaria. Editorial Trillas. 112 pp.

PDRS. (2014). Manejo tecnificado del cultivo de maíz en la sierra. Disponible en: [http://www.pdrs.org.pe/img\\_upload\\_pdrs/36c22b17acbae902af95f805cbae1ec5/Manual\\_Manejo\\_tecnificado\\_del\\_cultivo\\_de\\_ma\\_z.pdf](http://www.pdrs.org.pe/img_upload_pdrs/36c22b17acbae902af95f805cbae1ec5/Manual_Manejo_tecnificado_del_cultivo_de_ma_z.pdf)

Perales, A. (2011). Manejo de suelos en la producción de arveja (*Pisum sativum* L.) para una agricultura sustentable. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Lima, Perú. 198 pp.

Puertas, F. (2002). Interacción entre la fertilización nitrógeno fosfatada y la densidad de siembra en el rendimiento y calidad choclera del maíz (*Zea mays* L.) cv San Gerónimo en el valle del Mantaro. Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina. Escuela de Post Grado. Especialidad de Producción Agrícola Lima, Perú. 62 pp.

Qi, A., J. B. Smithson and R. J. Summerfield (1998). Adaptation to climate in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.): Photothermal flowering responses in the Eastern, Southern and Great Lakes Regions of Africa. *Exp. Agric.* Vol (34): 153-170.

Quevedo, K. y Sánchez, K. (2009). Comparación entre dos métodos de interpolación para la estimación de la temperatura del aire aplicando técnicas geoestadísticas. *Revista Peruana Geo-Atmosférica RPGA* (1), 90-107.

Quispe, N., Cubas, F. y Avalos, G. (2012). Circulación Atmosférica de verano e invierno sobre Sudamérica. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Disponible en: [http://saniam.comunidadandina.org/Upload/Contenido/9/22/02\\_analisis%20de%20la%20circulacion%20regional.pdf](http://saniam.comunidadandina.org/Upload/Contenido/9/22/02_analisis%20de%20la%20circulacion%20regional.pdf) (Fecha de consulta: Mayo 2014).

Rojas, G. (1999). Efecto de la fertirrigación N-P-K en cuatro cultivares de arveja china (*Pisum sativum* var. *saccharatum*) bajo riego por goteo. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Lima, Perú. 102 pp.

Rojo, W. (2006). CropKit: Guía de manejo nutrición vegetal de especialidad papa. SQM. The Worldwide Business Formula. Santiago, Chile. 87 pp.

Ruiz, J., Medina, G., Gonzales, I., Ortiz, C., Flores, H., Martínez, R. y Byerly, K. (1999). Requerimientos agroecológicos de cultivos. INIFAP. México. pp. 74-178.

Salinas, E. (2010). Aptitud agrícola en el Corredor Mantaro. FOVIDA.

Santibáñez, F. (1994). Crop requirements: Temperate crops. In: Handbook of agricultural meteorology. J. F. Griffiths (Ed). Oxford Univ. Press. New York., USA. pp. 174-18.

Sarmiento, R. (1995). Evaluación de la densidad de siembra en el cultivo de pallar (*Phaseolus lunatus* L.) cv. I-1548 conducido bajo espalderas en La Molina. Tesis para Optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Lima, Perú. 136 pp.

Sedano, R. (2008). Potencial de desarrollo en la Sierra Peruana. Ponencia presentada en el Congreso de la papa. Huancayo. Disponible en: <http://www.minag.gob.pe/congreso-de-la-papa/congreso-de-la-papa/2.html> (Fecha de consulta: Mayo 2014).

SENAMHI. (2010). Atlas de heladas del Perú. Publicado por la FAO. Lima, Perú. 130 pp.

SENAMHI. (2013). Atlas climático en la cuenca del Rio Urubamba-Proyecciones para el 2030. Proyecto Acelerado del Retroceso Acelerado de los Andes Tropicales- PRAA. Lima, Peru. 166 pp.

SENAMHI (2014). Sistema fenológico de cultivos-FenoSys.

Smith, O. (1977). Potatoes: production, storing, processing. 2nd. Edition The Avi. Publ. Co. West Port. Connecticut. 776 pp.

Schrooder, R. (1966). Algunas ideas sobre la preparación de un mapa de distribución anual de la precipitación en el Perú. En boletín del Centro de estudios meteorológicos del Perú. 9 (1). Junio 1966. p. 3.

Singh, J. (1965). Effect of modifying the environment of flowering, fruiting and biochemical composition of the snap bean. Resúmenes analíticos sobre fríjol CIAT. Cali, Colombia. 25: 744.

Socorro, M. y Martín, W. (1998). Granos. Instituto Politécnico Nacional. México. 318 pp.

Stewart, B.A y Nielsen, D.R. (1990). Irrigation of agricultural crops. ASA, CSSA, SSSA Publishers. Monograph N° 30. Madison, Wisconsin, USA. 2118 pp.

Summerfield, R.J. y Roberts, E.H. (1985). *Phaseolus vulgaris*. In: CRC handbook of flowering. Volume I (Abraham H. Halevy Ed.) CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. pp. 139-148.

Tapia, M. y Fries, R. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos. FAO-ANPE. Lima, Perú. 209 pp.

Thornthwaite, C.W. y Mather, J.R. (1957). Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Publication in Climatology. Vol. (10): 185-311.

Thung, M., Ortega, J. y Erazo, O. (1985). Tamizado para identificar fríjoles adaptados a suelos ácidos. In: López, M.; Fernández, F. y Schoonhoven, A. van (eds.). Fríjol: Investigación y producción. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. pp. 313-346.

- Torres, R. (2011). Comunicación personal. Especialista del PNIA en raíces y tuberosas. INIA-EEA Santa Ana. Huancayo, Perú.
- Trebejo, I. y Díaz, A. (1998). Análisis de la precipitación en el Perú durante 1993 a 1997. SENAMHI. 108 pp.
- University of Reading. (2014). Instat version 3.36. Statistical Service Centre.  
Disponible en: [http://www.reading.ac.uk/ssc/n/n\\_instat.htm](http://www.reading.ac.uk/ssc/n/n_instat.htm) (Fecha de consulta: Mayo 2014).
- USDA. (2006). Soil taxonomy a basic system of soil classification for makin an interpreting soil survey staff -USDA. USA.
- Valadez, L. (1992). Producción de hortalizas. Editorial Limusa. México. 298 pp.
- Valdez, A. (1977). Adaptación y requerimientos ambientales del maíz. I Curso de maíz amiláceo en la Sierra. Lima, Perú. pp. 48-53.
- Valdiviezo, L. y Montoya, R. (1985). Estudios básicos para el programa de control biológico en maíz en el Callejón de Huaylas. IICA Perú-INIPA. Publicación miscelánea N° 619. Lima, Perú. 33 pp.
- Van Dam, J., Kooman, P.L. and Struik, P.C. (1996). Effects of temperature and photoperiod on early growth and final number of tubers in potato (*Solanum tuberosum* L.). Potato research. Vol. (39): 51-62.
- Vásquez, C. (2011). Estudio hidrológico de la Región Cajamarca. Gobierno Regional de Cajamarca. Cajamarca, Perú. 96 pp.
- Voysest, O. (2000). Mejoramiento genético de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L) legado de variedades de América Latina CIAT. Colombia. 195 pp.
- Weber, E. and H. Bleiholder (1990). Erläuterungen zu den BBCH-Dezimal-Codes für die Entwicklungsstadien von Maíz, Raps, Faba-Bohne, Sonnenblume und Erbse-mit Abbildungen. Gesunde Pflanzen 42: 308-321.
- Wells, N. (2003). Documentation of the original and self-calibrating Palmer Drought Severity Index used in the Nat. Agr. Decision Support System. University of Nebraska, Lincoln. USA.
- Wilhite, D. A. and Glantz, M. H. (1985). Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. Water International 10: 111-120.
- White, J. W. (1985). Conceptos básicos de fisiología del fríjol. En: fríjol, investigación y producción. Editado por Marcoliano López, Fernando Fernández y Aart Van Schoonhoven. CIAT. pp. 43-60.
- Yzarra, W., Trebejo, I. y Noriega, V. (2009). Evaluación de unidades térmicas para el crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en la costa central del Perú. Revista Peruana Geo-Atmosférica RPGA. Vol. (1): 1-10.
- Yuste, P. (1997). Horticultura. In: Biblioteca de la agricultura. Idea Books. Barcelona, España. pp: 531-768.